

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Теплоенергетичний факультет

Кафедра теоретичної і промислової теплотехніки

«На правах рукопису»
УДК 662.987

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Г.Б.Варламов
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2018 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»,

спеціалізації «Промислова та муніципальна теплоенергетика і енергозбереження»

на тему: Порівняльні характеристики систем тепlopостачання будівель

Виконав : студент II курсу, групи ТП – 61 м

_____ Очеретянко Микита Дмитрович _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник асист., к.т.н., Соломаха А.С.

_____ (посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультанти: з мат. моделювання к.т.н. Кутра Д.С.

_____ (назва розділу)

_____ (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

з охорони праці к.т.н., доцент Каштанов С.Ф.

_____ (назва розділу)

_____ (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____

_____ (посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

_____ (підпис)

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет Теплоенергетичний

Кафедра Теоретичної і промислової теплотехніки

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-науковою програмою

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»,

Спеціалізація «Промислова та муніципальна теплоенергетика і енергозбереження»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

(підпис) Г.Б.Варламов
(ініціали, прізвище)

«__» _____ 2018 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту**

Очеретянко Микиті Дмитровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Порівняльні характеристики систем теплопостачання будівель,

науковий керівник дисертації Соломаха Андрій Сергійович., к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Строк подання студентом дисертації 16.05.2018 р.

3. Об'єкт дослідження: Системи теплопостачання будівель _____

4. Предмет дослідження: Вплив окремих елементів системи теплопостачання на ефективність системи вцілому _____

5. Перелік завдань, які потрібно розробити Дослідити вплив зміни температурних графіків на роботу окремих елементів системи (радіаторів, теплообмінників, тощо); проаналізувати існуючі вітчизняні та закордонні системи теплопостачання; Розробити стартап-проект термомодернізації існуючої системи теплопостачання будинку з використанням високоефективної теплонасосної установки. Охорона праці. Стартап-проект. _____

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу Теплові схеми котелень та індивідуальних теплових пунктів, Реальні показники теплоспоживання житлово-комунальних об'єктів, Результати моделювання процесу теплообміну в секції батареї МС-140 М2-500 за допомогою програмного забезпечення SolidWorks.

7. Орієнтовний перелік публікацій Наукові статті - 2 шт., Тези доповідей на науково-технічних конференціях – 6 шт., Патенти – 1 шт.

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
мат. моделювання	Кутра Д.С., доцент		
охорона праці	Каштанов С.Ф., доцент		

9. Дата видачі завдання 19.03.2018 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Літературний огляд	25.03	
2.	Аналіз вітчизняних та закордонних систем тепlopостачання	01.04	
3.	Аналіз впливу зміни температурного графіку на роботу окремих елементів системи тепlopостачання	10.04	
4.	Виконання моделювання в SolidWorks	18.04	
5.	Аналіз роботи котельні	27.04	
6.	Аналіз роботи теплонасосної установки	30.04	
7.	Розроблення стартап-проекту	06.05	
8.	Охорона праці	10.05	
9.	Оформлення магістерської дисертації	16.05	

Студент

(підпис)

Очеретянко М.Д.
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Соломаха А.С.
(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

АНОТАЦІЯ

Магістерська дисертація на тему «Порівняльні характеристики систем теплопостачання будівель». Пояснювальна записка містить: 87с., 36 рис., 19 табл., 4 додатки, 17 джерел.

Об'єкт дослідження – системи теплопостачання будівель.

Мета роботи – дослідження переваг та недоліків різних систем теплопостачання.

Проаналізовані основні вітчизняні та закордонні системи теплопостачання. Наведена коротка історична справка, що дозволяє оцінити також не технічні аспекти розвитку систем теплопостачання.

Наведені та проаналізовані основні теплові схеми, що застосовуються в сучасних індивідуальних теплових пунктах та котельнях. Обґрунтовані основні технічні аспекти, якими слід користуватися при виборі тієї чи іншої схеми теплопостачання.

Проаналізовано вплив не відповідності температурних графіків на роботу окремих елементів системи.

В якості прикладу впливу зниження температурного графіку на роботу теплообмінних апаратів проведено моделювання в середовищі SolidWorks секційного чавунного радіатора МС-140 М2-500. Дослідження проводилось з метою визначення зміни теплової потужності прибору та його еквівалентної опалювальної площі на трьох температурних графіках роботи, а саме: 90/70; 80/60; 70/50.

Проведена оцінка ефективності опалювальних теплових насосів з використанням методу циклів та обґрунтована доцільність використання теплонасосних установок для потреб теплопостачання.

Розроблений стартап проект термомодернізації системи опалення будинку за рахунок застосування теплонасосної установки.

Передбачені заходи з охорони праці.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: теплопостачання, опалення, гаряче водопостачання, котельня, тепловий пункт, температурний графік, теплообмінник, тепловий насос.

АННОТАЦИЯ

Магистерская диссертация на тему «Сравнительные характеристики систем теплоснабжения зданий». Пояснительная записка содержит: 87с., 36 рис., 19 табл., 4 приложения, 17 источников.

Объект исследования - системы теплоснабжения зданий.

Цель работы - исследование преимуществ и недостатков различных систем теплоснабжения.

Проанализированы основные отечественные и зарубежные системы теплоснабжения. Приведена краткая историческая справка, что позволяет оценить также не технические аспекты развития систем теплоснабжения.

Приведенные и проанализированы основные тепловые схемы, применяемые в современных индивидуальных тепловых пунктах и котельных. Обоснованы основные технические аспекты, которыми следует пользоваться при выборе той или иной схемы теплоснабжения.

Проанализировано влияние несоответствия температурных графиков на работу отдельных элементов системы.

В качестве примера влияния снижения температурного графика на работу теплообменных аппаратов проведено моделирование в среде SolidWorks секционного чугунного радиатора MC-140 M2-500. Исследование проводилось с целью определения изменения тепловой мощности прибора и его эквивалентной отапливаемой площади в трех температурных графиках работы, а именно: 90/70; 80/60; 70/50.

Проведена оценка эффективности отопительных тепловых насосов с использованием метода циклов и обоснована целесообразность использования теплонасосных установок для нужд теплоснабжения.

Разработанный стартап проект термомодернизации системы отопления дома за счет применения теплонасосной установки.

Предусмотрены меры по охране труда.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: теплоснабжение, отопление, горячее водоснабжение, котельная, тепловой пункт, температурный график, теплообменник, тепловой насос.

ANNOTATION

Master's dissertation on the topic "Comparative characteristics of building heat supply systems". Explanatory note includes : 87s, 36 figures, 19 tables, 4 annexes, 17 sources.

Object of research - building heat supply systems.

The purpose of the work is to study the advantages and disadvantages of different heat supply systems.

Main homeland and foreign heat supply systems have been analyzed. A brief historical background, which allows us to evaluate non-technical aspects of heat supply systems development also been provided.

The basic thermal circuits, which used in modern individual heat substations and boiler houses, have been analyzed. Highlighted main technical aspects, which should be considered before choosing one or another heat supply scheme.

The influence of temperature charts non-compliance on the work of system's individual elements has been analyzed.

As for example of temperature charts non-compliance influence on heat exchangers made SolidWorks simulation for cast iron sectional radiator MC-140 M2-500. The research was conducted to determine the change in the thermal power of the device and its equivalent heating area on three temperature schedules, namely: 90/70; 80/60; 70/50.

An estimation of heat pumps efficiency by the cycles method is carried out and the expediency of using heat pumps for heat supply needs is justified.

A startup project for building heating system thermo-modernization using a heat pump installation has been developed.

Occupational safety measures have been foreseen.

KEYWORDS: heat supply, heating, hot water supply, boiler room, heat substation, temperature schedule, heat exchanger, heat pump

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, скорочень і термінів.....	8
Вступ.....	9
1 Централізоване теплопостачання та проблеми енергозбереження (літературний огляд)....	10
1.1 Енергетична і економічна ефективність схеми централізованого теплопостачання....	11
1.2 Комплексна ефективність централізованого опалення та когенерації.....	13
1.3 Інтеграція схем централізованого опалення в інфраструктуру сучасних міст	14
1.4 Стан сектора централізованого опалення в окремих групах країн	15
1.5 Постановка задачі і програма досліджень.....	21
2 Класифікація систем теплопостачання.....	22
2.1 Схеми централізованого теплопостачання.....	24
2.2 Вибір систем теплопостачання.	31
2.3 Організація експлуатації теплових мереж.....	31
2.4 Висновок з розділу	32
3 Температурні графіки систем теплопостачання.....	33
4 Опалювальні котельні	39
4.1 Загальна характеристика котельні.....	39
4.2 Опис теплової схеми котельні	40
4.3 Висновок з розділу	42
5 Теплонасосні установки.....	43
5.1 Загальна характеристика ТНУ	43
5.2 Застосування методу циклів для аналізу ТНУ	44
5.3 Висновок з розділу	51
6 Математичне моделювання процесу теплообміну в нагрівальному приладі	52
6.1 Постановка задачі.....	52
6.2 Етапи проведення роботи	52
6.3 Конструкція та опис роботи секційного чавунного радіатора	52
6.4 Розробка геометричної моделі.....	53
6.5 Дослідження роботи радіатора на температурному графіку 90/70	54
6.6 Дослідження роботи радіатора на температурному графіку 80/60	57
6.7 Дослідження роботи радіатора на температурному графіку 70/50	59
6.8 Аналітичний розрахунок.....	62
6.9 Висновки з розділу	64
7 Стартап проект: «термомодернізація системи опалення будинку з застосуванням теплонасосної установки»	65

7.1 Резюме проекту	65
7.2 Автори проекту	65
7.3 Види та спрямованість проекту	65
7.4 Аналіз ідеї проекту	66
7.5 Визначення характеристик ідеї проекту	66
7.6 Технологічний аудит ідеї проекту	67
7.7 Аналіз ринкових можливостей запуску проекту	68
7.8 Обґрунтування економічних параметрів проекту	69
7.9 Планування проекту	70
7.10 Розрахунок загальних витрат на реалізацію проекту по роках	72
7.11 Прогнозування фінансово-економічної ефективності проекту	73
7.12 Висновок про комерційну, технологічну, фінансово-економічну ефективність проекту	74
8 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	75
8.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації котельні	76
8.2 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці і виробничої санітарії	81
8.3 Забезпечення пожежної безпеки котельні, що проектується	82
8.4 Висновок з розділу	84
Висновки	85
Список використаної літератури	86
Додатки	87
Додаток А Технічне завдання на науково-дослідну роботу	87
Додаток Б Акт впровадження результатів магістерської дисертації	88
Додаток В Список наукових праць	89
Додаток Г Перевірка на магістерської дисертації на плагіат	90

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Умовні позначення:

- Q - теплова потужність;
 N - електрична потужність;
 B - витрата палива;
 V - об'ємна витрата;
 G - масова витрата;
 E - річні витрати електроенергії;
 ΔP - гідравлічний або аеродинамічний опір;
 D_y - діаметр умовного проходу;
 t - температура;
 Δt - температурний перепад;
 ρ - густина;
 c - теплоємність;
 O - опалення;
 V - вентиляція;

Скорочення:

- ГВП - гаряче водопостачання;
 ТВЕЛ –тепловиділяючий елемент;
 АЕС – атомна електростанція;
 США – Сполучені Штати Америки;
 ПАР – Південно-Африканська Республіка;

Індекси верхні:

- zv - гаряча вода;
 xv - холодна вода;
 z - димові гази;
 dx - димохід;
 dt - димова труба;
 $л$ - літо;
 max - максимальне;

Індекси нижні:

- n - навколишня
 m - мережна;
 K - котла;
 $цирк$ - циркуляційна;
 P - рециркуляція;
 $підж$ - підживлення;
 XBO - хімводоочистка;;

ВСТУП

Енергетика України, в даний час з точки зору енергоресурсів, знаходиться у важкому положенні, та змушена імпортувати всі види енергоресурсів. А саме: природний газ, нафтопродукти, вугілля та електроенергію.

Особливо гостро стоїть питання для об'єктів на яких встановлені пиловугільні котли, які в наслідок останніх подій на сході країни не мають належної кількості пального. Частково нестачу вугілля покривають за рахунок імпорту з Південно-Африканської Республіки (ПАР), Австралії та Росії та як відомо транспортування вугілля на відстань, що перевищує 400 км, економічно не вигідно, окрім цього також важливим є той факт що топки енергоблоків були запроектовані для роботи на вугіллі донецького басейну і не можуть ефективно спалювати імпортоване паливо.

Ядерне паливо тепловиділяючі елементи (ТВЕЛі) для атомних електростанцій (АЕС) також є предметом імпорту і на даний момент закуповується в Росії, та найближчим часом планується перехід на використання палива фірми Westinghouse (США) [1].

В Україні є незначні запаси природного газу, що забезпечують приблизно 37% власних потреб, решта імпортується.

Через нестачу пального, морально застаріле обладнання електрогенеруючих станцій та воєнні подій на сході країни впало виробництво електроенергії, що також стало статтею імпорту.

У зв'язку з усім вище згаданим особливу увагу потрібно приділяти раціональному використанню енергетичних ресурсів. Обмеження вжитку і попиту на енергію є одним з основних принципів збалансованого енергетичного розвитку. Енергозбереження - це істотна добавка енергетичних ресурсів, інакше кажучи, енергозбереження дає можливість заощадити енергоносії. При цьому, необхідне не лише впровадження нових енергозберігаючих технологій, а також заміна і енергетична модернізація тих, що існують.

Основні недоліки в паливно-енергетичному комплексі України:

- Низький ККД вітчизняних електростанцій 29-31%. (найкращі зарубіжні енергоблоки досягають ККД 41%);
- Морально застаріле обладнання;
- Поганий стан розподільчих мереж теплопостачання;
- Низька частка використання відновлюваної енергетики;
- Низький рівень енергоефективності будівель житлово-комунального сектору;

Метою дипломного проекту є аналіз та дослідження сучасних систем теплопостачання України.

1 ЦЕНТРАЛІЗОВАНЕ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ТА ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ (ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД)

Вплив людини на екосистему значно зріс в останні десятиліття. Нестійкий характер сьогоденного розвитку проявляється в зникненні видів, виснаженні природних ресурсів, забрудненні навколишнього середовища. Самим загрозливим наслідком нестійкого розвитку є зміна клімату, що ставить під загрозу нормальне життя людини на планеті Земля в майбутньому.

Якщо сьогоденний, нестійкий розвиток продовжиться, зростаюча кількість населення дійде до межі, обумовленої зникненням здорового навколишнього середовища.

На жаль, не існує дієвого світового керівництва, яке могло б керувати спільними зусиллями країн. Ініціативи окремих країн і всесвітніх організацій щодо стримування зміни клімату недостатні, щоб уникнути катастрофічної зміни клімату.

Серед безлічі загроз, нераціональне використання енергії є тією, яка може стати причиною глобальної кризи.

Центральне опалення - це технологія, яка може заощадити величезну кількість енергії, коли вона застосовується раціонально. Застосування високоякісного центрального опалення надзвичайно важливе для того, щоб впоратися з описаними вище проблемами.

Основні техніко-економічні переваги центрального опалення полягають в наступному:

- Кілька великих джерел виробництва тепла зазвичай коштують дешевше, ніж еквівалентна кількість дрібних;
- Великі джерела виробництва тепла дозволяють спалювати низькосортне паливо і забезпечують ефективний процес спалювання з мінімальним і контрольованим рівнем викидів;
- Поширення викидів в більш високих шарах атмосфери за рахунок використання високих димових труб;
- Кілька видів палива, що спалюються на централізованих станціях, дозволяють вибирати найбільш доцільну і безпечну систему поставок палива;
- Великі станції з виробництва тепла забезпечують природоохоронну і санітарну якість сучасних міст.

Сектора центрального опалення (ЦО) широко поширені і охоплюють близько 50% або більше попиту на тепло, в основному в колишніх соціалістичних країнах і в скандинавських країнах (Данія, Фінляндія, Ісландія та Швеція). Енергетична політика в багатьох європейських країнах зазвичай просуває технологію ЦО, але цей процес розгортання досить

важкий і повільний. За оцінками близько 75% європейського населення живуть в містах і відповідають за 80% забруднювачів.

Централізоване виробництво енергії може бути сильним інструментом для вирішення екологічних проблем.

1.1 Енергетична і економічна ефективність схеми централізованого тепlopостачання

Котельні централізованого опалення зазвичай мають більш високу загальну (сезонну) ефективність, ніж дрібні котельні на рівні будівлі або квартири, завдяки застосуванню більш просунутих технологій, безперервного моніторингу, коректувань і регулярному обслуговуванню. Дрібні котельні також можуть мати високу ефективність, але їх робота періодична, тому втрати при пусковому прогріванні стають значними. Ефективність сезонного виробництва енергії індивідуальних котелень, що працюють на газі, зазвичай знаходиться в діапазоні 75% - 85% (розраховано за нижчою теплотворною здатністю), в той час як добре сконструйована і централізована станція може досягати річної ефективності 90%. Можна виявити навіть більшу різницю, якщо розглядати котельні, що працюють на деревині або газойлі.

Установка, так само як і обслуговування і експлуатація єдиної великої опалювальної котельні зазвичай дешевше, ніж сотні або тисячі дрібних котелень еквівалентної потужності. Установка великих газорозподільних мереж з великою кількістю додаткового обладнання також обходиться дорожче, ніж єдина труба, що прокладається до станції централізованого тепlopостачання. Перевага централізованої станції в порівнянні з індивідуальними котельнями ще більш очевидна, коли використовуються більш важкі для спалювання, але більш дешеві види палива (такі види палива, як буре вугілля, важка паливна нафта)

Основним недоліком централізованого опалення, який враховується при плануванні опалення - наявність складних трубопроводних мереж, в яких втрачається частина теплової енергії, та додаткові витрати на установку та експлуатацію. Фізично втрати теплової енергії в трубопроводах, які відображають якість мережі ЦО, можна порівнювати, використовуючи теплотехнічні характеристики. Наприклад, мережі ЦО, що були збудовані кілька десятиліть тому мали теплоізоляцію, з коефіцієнтом теплопровідності 0,04-0,175 Вт / мК, в той час як сучасні системи ЦО можуть мати значення коефіцієнта теплопровідності близько 0,02-0,03 Вт / мК для ізоляції нових труб ЦО. Це безперечно впливає на втрати тепла в мережах. Наявні теплові втрати в теплових мережах можна контролювати і звести до мінімуму, використовуючи сучасні технології прокладання та діагностики трубопроводів.

Відносні втрати тепла в мережі ЦО залежать від обсягу тепла, що транспортується через систему трубопроводів, яка в свою чергу залежить від щільності споживачів на одиницю зони, що обслуговується (теплове навантаження), кліматичних умов, температурного графіку.

В разі транспортування високотемпературного теплоносія в погано ізольованих трубопроводах можливі втрати тепла до 30% і більше від усього обсягу транспортованого тепла.

Досвід країн, які вже пройшли період реформ, демонструє деякі базові сценарії поганого і хорошого розвитку подій в плані створення мереж ЦО:

1. Системи ЦО, що мали низьку ефективність, мінімальне навантаження були децентралізовані шляхом установки місцевих джерел опалення;
2. Великі і перспективні схеми ЦО, що були залишені без регулювання і підтримки з боку держави у зв'язку з великою кількістю відключень, стали нежиттєздатні, ненадійні і були децентралізовані;
3. Мережі ЦО, що були збережені та поступово модернізовані зараз стали перспективною і корисною енергетичною інфраструктурою.

Якщо схема ЦО технічно та економічно ефективна і перспективна, режим регулювання повинен забезпечувати стимули і адекватні цінові сигнали для її поступового оновлення та розвитку. Наприклад, належне регулювання литовського сектора центрального опалення стимулювало скорочення вимірюваних втрат тепла при транспортуванні з 32,3% до 15,7% в період з 1996 по 2009 рік.

При порівнянні економічної ефективності альтернативних методів опалення з системою ЦО слід враховувати кілька факторів:

- Можливі види палива, їх наявність та динаміку зміни ціни;
- Існуючий ринок поставок палива, розвиток національної і місцевої енергетичної інфраструктури з майбутніми перспективами;
- Щільність споживачів тепла;
- Екологічні, санітарні або інші вимоги для певних видів палива.

Втрати в системі центрального опалення все ще значні у багатьох країнах з перехідною економікою, і з-за цього послуги центрального опалення конкурують в деяких випадках з індивідуальними газовими бойлерами (коли є природний газ).

Сучасні труби центрального опалення з гарними теплоізоляційними характеристиками дозволяють будувати дуже довгі і розгалужені системи. В Європі існують приклади, коли трубопроводи централізованого опалення протяжністю до 50 км з'єднують окремі міста, включаючи великі сміттєспалювальні або промислові заводи і формують дуже

ефективні з економічної точки зору схеми ЦО.

1.2 Комплексна ефективність централізованого опалення та когенерації

Термін когенерація використовується, щоб позначити технологічний процес, в якому має місце паралельна генерація електричної і корисної теплової енергії одночасно. Електростанції з комбінованим виробництвом тепла та електроенергії, де тепло виробляється і доставляється в системи центрального опалення або для інших цілей, часто називають теплоелектричними станціями - теплоелектроцентралями (ТЕЦ).

Тепло використовується тільки в найхолодніший період (за винятком гарячого водопостачання), а електрична енергія використовується протягом всього року, тому метод когенерації обмежений певним періодом часу, хоча цей метод виробництва енергії є дуже ефективним.

Енергоефективність режиму когенерації можна продемонструвати, якщо порівняти з окремим виробництвом. З точки зору термодинаміки, генерація електроенергії з використанням енергії викопного, атомного або поновлюваного палива неминуче пов'язана зі скиданням частини теплової енергії від процесу в навколишнє середовище. Найбільша частина електроенергії, виробленої в Європі, генерується з використанням парових котлів і бойлерів високого тиску і турбін (проте за останнє десятиліття широкого поширення набули нові газотурбінні установки з технологією ТЕЦ, у них втрати тепла менше, але все ще значні). Після турбін пара повинна конденсуватися, і в більшості випадків це тепло скидається. Станції, що працюють по цій технології, коли основна частина тепла викидається, зазвичай називають конденсаційними електростанціями.

Зазвичай передбачається, що обсяг теплової енергії, що вивільняється під час спалювання палива, дорівнює 100% на базі нижчої теплотворної здатності (первинна енергія) при оцінці енергетичної ефективності. Якщо тепло виробляється окремо, майже вся енергія палива перетворюється зазвичай в теплову енергію. У той же час, якщо електроенергія виробляється окремо, то близько 45-70% первинної енергії, в залежності від технології і параметрів станції, просто втрачається. Навіть на дуже хороших конденсаційних електростанціях конденсують лише близько 40% енергії первинного палива перетворюється в кінці в електрику.

У Європі, як і в решті світу, марно витрачається величезний обсяг енергії. Наприклад, спалювання 1 м³ природного газу (за нормальних умов) дасть 3,72 кВт·год електроенергії, в той час як решта 5,57 кВт·год теплової енергії буде втратою тепла [5].

У разі одночасного виробництва електричної та теплової енергії (когенерація) частка

згенерованої електроенергії менше, але ефективність виробництва енергії зростає. У більшості країн ЄС існує мало можливостей доставляти вироблене тепло кінцевим споживачам (через відсутність необхідної системи розподілу тепла та зацікавленості з боку споживачів). Це можливо, лише у випадку коли мережі центрального опалення розвиваються і підключаються до когенераючих станцій (ТЕЦ).

Низькопотенційне тепло (менше 100 °C), що отримується з електростанцій, є відмінним джерелом тепла для опалення будинків і підготовки гарячої води. Втрати тепла при розподілі могли б бути набагато нижче, ніж втрати теплової енергії на електростанціях.

Загальна енергоефективність схеми центрального опалення і комплексу теплоелектроцентралі частково залежить від наявного тепла, що доставляється кінцевим користувачам. Це пов'язано з кліматичними умовами, щільністю споживачів та іншими факторами.

1.3 Інтеграція схем централізованого опалення в інфраструктуру сучасних міст

Великі системи централізованого опалення дозволяють інтегрувати різних виробників теплової енергії та вирішувати непрямі проблеми, такі як утилізації міських відходів. Необхідність цього зростає в багатьох країнах світу в міру того, як переповнюються звалища для зберігання побутових відходів. Додаткова мотивація для використання сміття - викиди метану (парникового газу) від полігонів для зберігання відходів.

Муніципальні тверді відходи в багатьох країнах все ще складаються на звалищах або на полігонах. Спалюючи сміття на сміттєспалювальних заводах із сучасною системою фільтрації викидних газів, можна уникнути великої кількості шкідливих викидів, а енергію, створену в процесі спалювання, можна використовувати [6].

Сміттєспалювальні заводи технологічно можна порівняти з традиційними вугільними електростанціями. Потужність сміттєспалювального заводу, проте, обмежується кількістю сміття, яке можна спалювати в рік. Середнього розміру завод спалює в середньому 200 000 тонн сміття на рік [6].

«Відходи в тепло» - це винятковий метод утилізації теплоти в Європі. В Нідерландах 2535 кВт·год електроенергії було вироблено в 2004 році з яких 78% було доставлено в енергосистему або на інші установки. Доля відходів в секторі ЦО в Норвегії в 2009 році була майже 35%.

Використання міського сміття для виробництва енергії, відповідно, може скоротити частку природного газу або іншого палива, що необхідне для виробництва енергії. Усе вище згадане може позитивно позначитися на тарифних сітках.

1.4 Стан сектора централізованого опалення в окремих групах країн

Централізоване опалення є важливим енергетичним сектором в більшості країн з перехідною економікою в тих регіонах, де ця технологія є традиційною, і де цього вимагають кліматичні умови. На жаль, централізоване опалення головним чином, ґрунтується на дуже дорогому паливі – природному газі. Тому багато колишніх соціалістичних країн в великій мірі залежать від процесів на міжнародних паливних ринках. Індивідуальне опалення може конкурувати з централізованим опаленням, особливо, якщо втрати при розподілі / передачі тепла значні, і їх фінансова вартість стає дуже високою через високу вартість палива.

Важливість технології центрального опалення (ЦО) для національних енергетичних систем обумовлена попитом на тепло (кліматичними умовами), об'ємом теплової енергії, що поставляється через мережі ЦО, історично сформованою соціально-економічною ситуацією.

Обсяг теплової енергії, що поставляється за допомогою систем ЦО в країнах Європи представлений на рис. 1.1. Таким чином, сектор центрального опалення в цих країнах є хорошою основою для розвитку когенерації та введення поновлюваних джерел енергії [4].

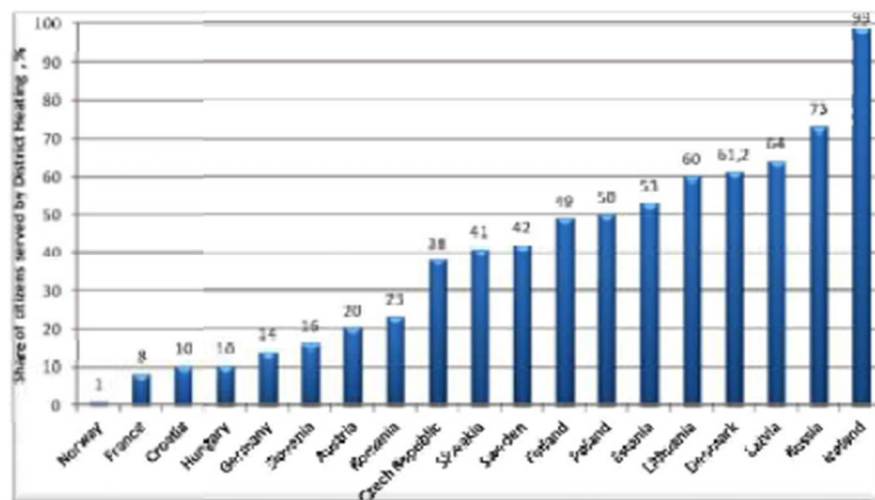


Рисунок 1.1 - Частка ЦО в загальному попиті на тепло країн Європи за 2009 рік

У Німеччині, Польщі та Швеції існують найбільші сектори ЦО в ЄС, і вони продають тепло в розмірі більш ніж 50 ТВт год / рік, але найвища частка ЦО в попиті на тепло всієї країни спостерігається в Скандинавських країнах (за винятком Норвегії).

Якщо підприємства центрального опалення в країнах, що давно вступили в Європейський Союз (ЄС), розвивалися без істотних потрясінь, то недавній розвиток секторів центрального опалення в деяких колишніх соціалістичних країнах, навпаки, піддався

сильному впливу радикальних соціально-економічних змін в цих країнах.

Очевидно, що існує суттєва різниця між реформами в колишніх соціалістичних країнах, які нещодавно стали членами ЄС, і колишніми соціалістичними країнами, що не ввійшли в ЄС. Подальший огляд розвитку ЦО і аналіз відповідних систем регулювання класифікується відповідно до типових груп країн.

1.4.1 Сектор центрального опалення в країнах, що давно вступили в Європейський Союз

Схеми центрального опалення в країнах, що давно вступили в ЄС, були побудовані поступово і розвивалися відповідно до попиту на тепло і ґрунтувалися на принципі конкурентоспроможності без істотних потрясінь в плані правового, регулятивного і економічного режиму. Це дозволяло прогнозувати витрати і розширювати існуючі системи шляхом підключенням нових споживачів та реалізацією нових вимог та стандартів.

Добре розвинений і широко поширений сектор ЦО існує в трьох скандинавських країнах. Швеція і Фінляндія є типовими країнами, де сектор ЦО знаходиться під мінімальним контролем держави. Більшість споживачів, чиє підключення економічно обґрунтовано, вже є клієнтами компаній ЦО і відповідно до статистики, наданої Euroheat [2], загальний обсяг проданого тепла в цих країнах був досить стабільним в період з 2001 року по 2007 рік. І, навпаки, загальний обсяг проданого тепла в регульованому секторі ЦО Данії виріс приблизно на 50% в той же період. Такі процеси можуть бути пов'язані з жорстким регулюванням методів опалення.

У Швеції компанії ЦО працюють на конкурентних засадах і, внаслідок цього, вільні у встановленні цін. При цьому енергетичний ринок знаходиться, під наглядом, як інспекції енергетичного ринку Швеції, так і агентства по конкуренції Швеції. Частка ринку центрального опалення Швеції становила майже 42% загального місцевого попиту на тепло в 2009 році: споживання центрального опалення значно зросло протягом останніх 40 років з споживання трохи вище 10 ТВт·год в 1970 році, до 50 ТВт·год в 2009 році. Протягом останніх 40 років, з 1970 року, Швеція кардинально знизила використання нафти, як палива для генерації центрального опалення, з 90% до менш ніж 5% в 2007 році. Нафта була переважно замінена біопаливом. Компанії в власності муніципалітетів переважають, їм належить 74% мереж і 66% теплопередачі.

Центральне опалення є майже у всіх великих і дрібних містах Фінляндії, так у 2009 році приблизно 2,6 мільйона фінів жили в будинках, опалювальних центральним опаленням. Ринок центрального опалення Фінляндії схожий на ринок Швеції у багатьох відношеннях:

відсутністю регулювання цін і доступом до альтернативних систем, що особливо характерно для невеликих, окремих будинків. Близько 49% домогосподарств підключено до ЦО.

Фінляндія і Данія служать прикладом того, як схеми ЦО сприяють розвитку когенерації. Більш ніж 30% електроенергії в цих країнах проводиться в режимі когенерації. У Швеції ця частка нижче внаслідок конкуренції з боку атомних електростанцій та гідроелектростанцій. Когенерація в інших країнах, що раніше вступили в ЄС, становить набагато меншу частину в балансі виробництва електроенергії. Низький рівень поширення технології центрального опалення в більшості країн ЄС є одним з основних бар'єрів для розвитку ефективної когенерації та служить причиною для нових стимулів для ЦО на рівні ЄС. Данія та Фінляндія найбільш широко застосовують ТЕЦ для виробництва тепла, частка якого становить приблизно 75-80%.

Скандинавські країни чітко демонструють іншу перевагу розвитку інфраструктури ЦО - більш ніж 30% постачаного тепла виробляється з використанням в цих країнах поновлюваного палива і відходів. Скандинавські країни, які розвивають виробництво тепла з місцевих видів палива, не так сильно залежать від імпорту природного газу як країни ЄС, де переважає газове опалення.

Австрію можна розглядати як країну в ЄС, де сектор центрального опалення є пріоритетним і неухильно зростаючим: в 2007 році там було майже 400 станцій центрального опалення. Попит на ЦО забезпечується головним чином за рахунок муніципальних комунальних підприємств. Загальні продажі ЦО в 2009 році склали 19 ТВт·год, а загальна встановлена потужність ЦО була близько 8200 МВт. В Австрії існує багато дрібних станцій, що працюють на біопаливі та обслуговують обмежені області, особливо в зимовий період. Об'єм поставок тепла в Австрії виріс на 50% в період з 2001 по 2007 рік за даними Euroheat.

Найбільший сектор центрального опалення в ЄС знаходиться в Німеччині. Часта ЦО там становить 13,3% по відношенню до всіх зайнятих приміщень. У той же час, все більшу кількість будинків підлягає переобладнанню з метою підвищення енергоефективності за рахунок використання термальної енергії сонця.

Статус центрального опалення в країнах, що давно вступили в Європейський Союз, можна охарактеризувати наступним чином:

- Частка ринку ЦО досить різна, і цей метод опалення на даний момент переважає в трьох Скандинавських країнах;
- Когенерація, пов'язана з потенціалом центрального опалення, використовувалася лише в Данії та Фінляндії;
- Найвища ступінь використання поновлюваних ресурсів і відходів (понад 30% в

балансі первинного палива) в даний час досягнута в Скандинавських країнах;

- За винятком Данії, розвиток центрального опалення в країнах, що давно вступили в ЄС, ґрунтується на умовах вільного ринку з мінімальним наглядом і контролем з боку держави;
- Дієві програми енергоефективності (енергозбереження) і розгортання індивідуальних сонячних систем опалення можуть знизити попит на тепло систем ЦО.

Дослідження, проведене Urban Persson [6], призводить до висновку, що опалення близько 60% великих міст Європи має надаватися централізованим способом. Це буде оптимальним рішенням на рівні цін, що існують в даний час і в найближчому майбутньому. Частки ринків тепла в розмірі 60% будуть ефективними з точки зору витрат на середньому рівні поширення, але навряд чи будуть здійсненими на вже урбанізованих територіях. Однак до такого ступеня поширення ЦО наближаються тільки Данія, Фінляндія і Швеція. Таким чином, потенціал технології центрального опалення мало використовується в більшості країн, що давно вступили в ЄС.

Поширення когенерації демонструють корисність наявності ЦО. Більшість західноєвропейських країн розглядають плани і застосовують різні заходи для просування і поширення мереж центрального опалення, однак, будівництво нових мереж ЦО на урбанізованих територіях часто стикається в різними технічними і правовими труднощами [2].

1.4.2 Розвиток централізованого опалення в країнах з перехідними економіками та в країнах, що нещодавно вступили до Європейського Союзу

Схеми централізованого опалення широко використовувалися в колишніх соціалістичних країнах, розташованих в холодних кліматичних умовах. Розвиток інфраструктури міст за комплексними планами формувало можливість для будівництва великих систем централізованого опалення що працювали в поєднанні з когенераційними системами. Положення радикально змінилося в останні десятиліття XX століття.

На початковому етапі реформ виникла широко поширена недобросовісна конкуренція з використанням альтернативних методів опалення. Зазвичай, основними конкурентами систем централізованого опалення були газові котли, що встановлювалися для тепло забезпечення всієї будівлі або окремих квартир. Та незважаючи на різкі зміни в секторі ЦО для країн з перехідною економікою, та країн, що нещодавно стали членами ЄС вдалося зберегти схеми центрального опалення і поступово модернізувати їх. Продажі тепла були стабілізовані, що привело до створення економіки, заснованої на витратах, що створює надійний ґрунт для інвестування та подальшого розвитку технологій централізованого

опалення.

Центральне опалення є важливим енергетичним сектором в більшості колишніх соціалістичних країн, що нещодавно вступили до ЄС, оскільки воно покриває 40-60% загального попиту на опалення і гарячу воду.

Останнім часом, енергетична ефективність схем ЦО була істотно поліпшена в відповідних країнах. Найбільш загальними технічними умовами, впровадженими системи ЦО в даних країнах, є [5]:

1. Джерела виробництва тепла були пристосовані до існуючих потреб теплопостачання: резервні котельні установки були законсервовані, виробництво тепла сконцентрувалося на великих і більш ефективних установках. Ці поліпшення різко знизили витрати на виробництво теплової енергії.
2. Розподільчі мережі теплопостачання були оптимізовані шляхом децентралізованої підготовки гарячої води; приблизно 10-30% старих трубопроводів були замінені попередньо ізольованими трубами; була введена сучасна діагностика втрат тепла і витоку гарячої води.
3. Теплові пункти були обладнані сучасними системами контролю і моніторингу теплоспоживання будівель, що дозволило здійснювати віддалений контроль і зчитування інформації з об'єктів.

Незважаючи на істотне поліпшення ланцюжка постачання тепла, високе теплоспоживання в старих багатоквартирних будинках з неефективною тепловою ізоляцією і низька економічна спроможність більшості споживачів все ще залишаються найбільш суттєвими проблемами централізованого опалення в країнах, що нещодавно стали членам ЄС. Також однією з основних проблем є те, що в абсолютному вираженні (€ / МВт) ЦО є найдорожчим в північних країнах, але в відносному вираженні (рахунок / дохід) ЦО є найдорожчим для країн Східної Європи, де в паливній структурі центрального опалення домінує природний газ за світовими цінами.

В цілому, Центральній Європі і Балтії вдалося зберегти свої системи центрального опалення у відносно доброму стані в порівнянні з іншими країнами з традиційно (історично) широко поширеними системами ЦО [5].

1.4.3 Альтернативний досвід інших країн

У Канаді найбільшого поширення набуло децентралізоване (індивідуальне) опалення на основі природного газу. Підігрів води на побутові потреби здійснюється, як правило,

теплоізованим газовим бойлером. Однак, також застосовуються безбойлерні системи з безпосереднім підігрівом теплоносія за нагальним запитом, що дозволяє уникнути теплових втрат, що мають місце при збереженні запасу гарячої води в бойлері.

Що стосується опалення приміщень - панує система "Furnace" з підігрівом повітря і його прокачуванням вентилятором по повітропроводам. Такі системи дозволяють підключити до повітропроводів зволожувачі повітря та кондиціонери.

Дві радикальні ідеї, що набирають популярність:

1. Децентралізоване виробництво тепла і електроенергії. Найбільш розвинене цей напрям в Японії, де експериментальний район в 25 тисяч будинків обладнаний індивідуальними установками для виробництва електроенергії, що регулюється тепловим запитом. Тобто, як завжди при когенерації тепло і електрику виробляються спільно, але таким чином, що побічним продуктом є електроенергія. Це вигідно з точки зору, що електроенергію значно легше продавати мережі та передавати на відстань. Установка за умов повного теплового навантаження виробляє 1.2 кВт електроенергії. Люди, повертаючись з роботи, піднімають температуру в своїх будинках, генеруючи при цьому додаткову електроенергію, що якраз припадає на час вечірнього піку споживання.

Для перетворення теплової енергії в електричну застосовуються або двигуни внутрішнього згоряння (Японія, США), або двигуни Стірлінга (Австралія), або термопари. ККД таких систем досягає 30%, що однак не є суттєвим, оскільки так як «побічна» електроенергія не викидається.

2. Використання в опалювальних цілях теплової енергії сонця. У Калгарі (Канада) побудований експериментальний мікрорайон на 200 будинків з індивідуальними теплопоглинальними сонячними батареями та встановленим накопичувачем теплової енергії. Сонячні батареї під'єднані теплоізованими трубами до центрального теплоаккумулятора, який складається з надземного бойлеру зі здвоєними стінками з термоізоляцією (для добових варіацій) і підземного бойлеру - на основі матеріалів з великою теплоємністю (для сезонних варіацій). На даний момент система за літо нагріває підземний бойлер до 85 ° C, що дозволяє задовольнити потреби в теплі приблизно на 90%. Решта 10% тепла поки що надходять від газових пальників будинків. Приблизна вартість споруд в перерахунку на один будинок приблизно \$25 тис., що, безсумнівно, дорого. Середній комунальний платіж за газ в Канаді приблизно 1500\$ на рік - тобто період виплати вкладень при нинішніх цінах на газ - близько 17 років. Слід, однак, враховувати перспективи подорожчання енергоносіїв, а також потенційне здешевлення споруд у міру наростання обсягу виробництва і вдосконалення технологій.

Автономні теплопоглинальні сонячні батареї на даху типового будинку в змозі

забезпечити ГВП на 100% і опалення на 60% (без сезонного накопичення, що значно дешевше). Орієнтовна вартість приблизно 8000\$. Додатковими перевагами таких систем, є зниження витрат на охолодження влітку (частина тепла йде на нагрів води), також відкриваються можливості утилізації теплової енергії на виробництво електроенергії.

Набирають популярність і системи опалення на теплових насосах (thermo-pump), принцип роботи яких заснований на використанні низькопотенційної теплоти навколишнього середовища. Вважається можливим знизити споживання газу в 2-3 рази.

Якщо дивитися реалістично, перспективи відновлення і підтримки системи централізованого опалення в Канаді є досить не вигідними. Майбутнє в цій країні, за децентралізованими системами виробництва електричної та теплової енергії в поєднанні з більш досконалим накопиченням сонячної енергії.

Деякі компанії в Каліфорнії та Ізраїлю добувають електроенергію комбінованим способом, а саме поєднуючи традиційне вироблення електроенергії шляхом спалювання палива в котлах вночі та альтернативне вироблення електроенергії за рахунок сонячних полів вдень. Також цікавим є проект «Solar Tower» Австралійської компанії «Enviromission», де сонячна енергія накопичена вдень дозволяє добувати електроенергію і після заходу сонця.

1.5 Постановка задачі і програма досліджень

Задачі що необхідно розробити в магістерській дисертації:

- проаналізувати існуючі вітчизняні та закордонні системи тепlopостачання та навести їх класифікацію;
- проаналізувати вибір температурного графіка системи централізованого тепlopостачання для м. Києва;
- проаналізувати роботу опалювальної котельні;
- проаналізувати роботу теплонасосної установки за допомогою методу циклів;
- провести математичне моделювання для дослідження впливу зміни температурних графіків на роботу нагрівального приладу;
- розробити стартап-проект термомодернізації існуючої системи тепlopостачання будинку з використанням вискоефективної теплонасосної установки.
- передбачити заходи з охорони праці.

2 КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Система теплопостачання будівлі призначена для забезпечення тепловою енергією інженерних систем, що вимагають для свого функціонування подачі нагрітого теплоносія. Крім традиційних систем (опалення та гаряче водопостачання), в сучасній будівлі можуть бути передбачені й інші теплоспоживаючі системи (вентиляція, кондиціонування повітря, теплі підлоги, басейни тощо).

Будь-яка система теплопостачання включає в себе такі основні елементи:

- джерело енергії (вугілля, газ, стиснене повітря тощо) ;
- енергоперетворювач (котел, теплообмінник, тощо);
- розподільчі мережі;
- місцеві системи тепловикористання (опалення, вентиляції, ГВП, технології).

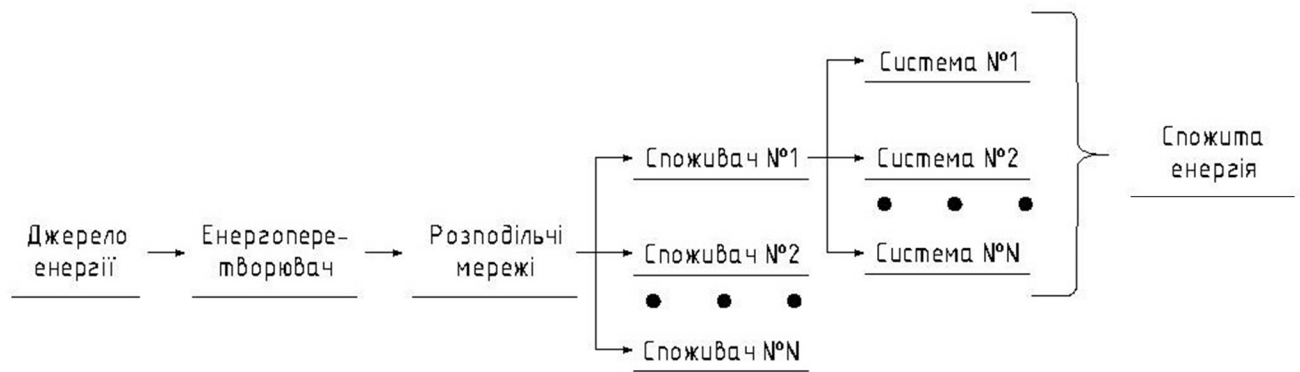


Рисунок 2.1 - Схема сучасних систем теплопостачання

Основні характеристики системи теплопостачання:

- теплова потужність;
- джерело теплопостачання;
- тип теплоносія;
- параметри теплоносія

За потужністю системи теплопостачання характеризуються дальністю передачі тепла і числом споживачів. Вони можуть бути місцевими, централізованими і децентралізованими. Місцевими називають системи теплопостачання, в яких три основних ланки об'єднані і знаходяться або в одному приміщенні, або в суміжних приміщеннях і застосовуються тільки в цивільних, невеликого обсягу, будівлях, або в невеликих допоміжних будівлях на промислових майданчиках, віддалених від основних виробничих корпусів. (Наприклад: печі,

газове або електричне опалення). У цих випадках функції вироблення і розподілення тепла об'єднані в одному пристрої і розташовані в опалювальних приміщеннях.

Розрізняють три основних джерела теплопостачання:

- високоорганізоване централізоване теплопостачання на базі комбінованого виробництва тепла та електроенергії на ТЕЦ;
- централізоване теплопостачання від районних опалювальних котелень;
- децентралізоване теплопостачання від дрібних котелень, індивідуальних опалювальних печей і т.п.

По виду теплоносія системи теплопостачання діляться на дві групи:

- системи водяного теплопостачання;
- парові системи теплопостачання

За параметрами теплоносія в залежності від споживача водяні і парові системи підрозділяються на:

- водяні низькотемпературні з водою, нагрітою менш, ніж до 100 °С;
- водяні високотемпературні з температурою води понад 100 °С;
- парові системи низького тиску ($p = 0,1 - 0,17$ МПа) ;
- парові системи високого тиску ($p = 0,17-0,3$ МПа) ;
- вакуум-парові системи з тиском $p < 0,1$ МПа;

Централізованими системами теплопостачання називаються такі системи, в яких від одного джерела теплопостачання подається тепло для багатьох приміщень або будівель.

Децентралізованими системами теплопостачання називаються в тому випадку, коли тепло подається від теплогенераторів, що встановлюються безпосередньо в опалювальних приміщеннях і на підприємствах.

Джерелами отримання тепла на промисловому об'єкті можуть бути:

- ТЕЦ розташовані на промисловій території (теплофікація);
- котельні, розташовані на промисловому майданчику;
- районні або міські теплові мережі (парові або водяні)

В останньому випадку, характерному для невеликих підприємств, тепла енергія подається від міської чи районної ТЕЦ.

Для великих же виробництв характерно спорудження власної ТЕЦ або котельні на промисловому майданчику. В цьому випадку, тепло і електроенергія від них може подаватися на розташовані поблизу підприємства і цивільні об'єкти.

В останні роки в зв'язку з розвитком нових економічних відносин в Україні спостерігається децентралізація теплопостачання як промислових підприємств так і будівель житлового сектора.

Широко розвивається будівництво автономних джерел теплопостачання: блокових, модульних і дахових котелень, оснащених повністю автоматизованими котельними агрегатами, що мають високі енергетичні і екологічні показники.

2.1 Схеми централізованого теплопостачання

2.1.1 Водяні системи теплопостачання

Водяні системи теплопостачання за способом приєднання систем гарячого водопостачання поділяють на дві групи:

- закриті системи;
- відкриті системи.

Водяні системи теплопостачання розрізняють за кількістю теплопроводів, що передають воду в одному напрямку:

- однострубні;
- двотрубні;
- багатотрубні.

Схеми приєднань систем опалення до теплових мереж можуть бути залежні і незалежні. При застосуванні залежної схеми вода з теплових мереж безпосередньо надходить в нагрівальні прилади систем опалення та вентиляції. У випадку використання незалежної схеми вода з теплової мережі доходить тільки до абонентських вводів місцевих систем, тобто до місця приєднання останніх до теплової мережі, і не потрапляє в нагрівальні прилади, а в спеціально передбачених теплообмінниках нагріває воду, яка циркулює в системах опалення будівель.

Водяні системи, в яких місцеві системи гарячого водопостачання приєднуються за допомогою водо-водяних підігрівачів, стали називати закритими.

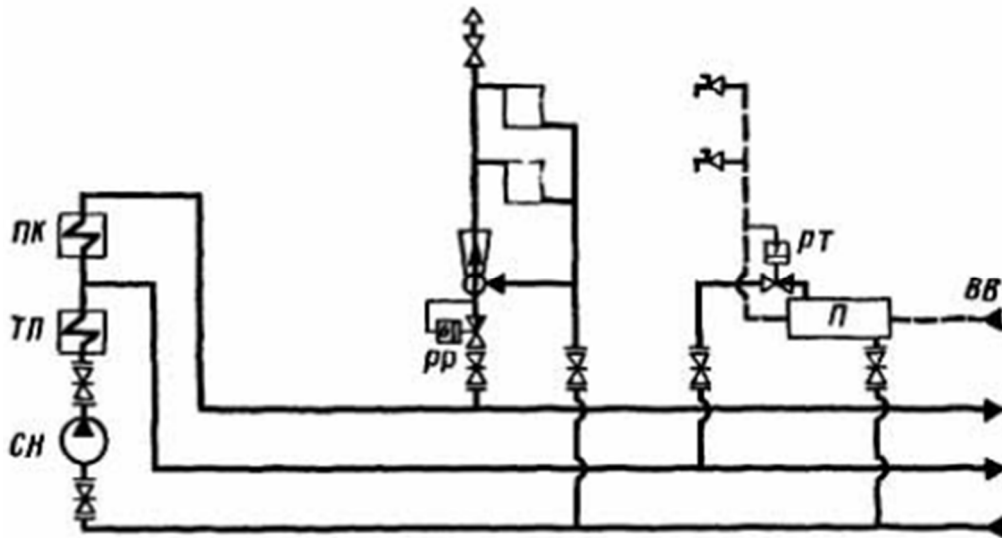
Внаслідок відсутності безпосереднього водорозбору і незначного витoku теплоносія через нещільності з'єднань труб і устаткування закриті системи відрізняються високою постійністю кількості і якості циркулюючої в них мережевої води. Іншою особливістю закритих систем є те, що вони бувають тільки багатотрубні.

Двотрубні закриті системи мають подаючий та зворотній трубопровід. По подаючому трубопроводу нагріта мережева вода з температурою t_1 транспортується від джерела теплової енергії до споживача. По зворотному трубопроводу охолоджена мережева вода з температурою t_2 повертається від споживача до джерела для повторного підігріву. Двотрубні системи більш прості та дешеві в порівнянні з багатотрубними системами. Такі системи застосовують переважно для спільної подачі тепла на опалення, вентиляцію та гаряче

водопостачання.

У промислових районах, де наявне велике технологічне теплове навантаження підвищених параметрів і можливе використання власних вторинних енергоресурсів або якості води в теплових мережах не відповідає вимогам виробничих процесів, рекомендується застосовувати багатотрубні системи.

У чотиритрубних теплових мережах одна пара труб використовується для опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Температура мережевої води в подаючому трубопроводі цієї пари підтримується відповідно до графіка регулювання відпуску теплової енергії на опалювально-побутові потреби. По другій парі труб мережева вода подається на виробничі потреби підприємств. Температура мережевої води в подаючому трубопроводі другої пари мереж круглий рік підтримується постійною. Окремі теплові мережі дозволяють підтримувати в них високу температуру мережної води, що знижує витрати води, зменшує діаметри труб та дає можливість отримувати пар шляхом випаровування мережної води.



ПК - піковий котел; ТП - теплофікаційний підігрівач; СН - мережевий насос; ВВ - водопровідна вода.

Рисунок 2.2 - Схема трьохтрубної закритої системи тепlopостачання

Чотирьохтрубні системи поширюються також в сільських районах, де навантаження на гаряче водопостачання відносно мале і зосереджене в основному в громадських будівлях (лазні, їдальні, готелі, школи, спортивні та дитячі установи) або в сільськогосподарських комплексах. Повна гідравлічна ізоляція різномірних споживачів в чотирьохтрубних системах спрощує роздільну подачу тепла при централізованому відпуску тепла. В трьохтрубних системах один з подаючих трубопроводів постачає тепло на опалювально-побутові цілі, а інший - на технологічні потреби. Або можливий варіант, коли один з подаючих

трубопроводів забезпечує опалювальне навантаження, в той час, як інший забезпечує теплове навантаження на гаряче водопостачання (рис. 2.2). Режими регулювання теплового навантаження в цих трубопроводах такі самі як і в чотиритрубних системах, але замість двох зворотних трубопроводів споруджується тільки один. Відповідно змінюється схема джерела теплопостачання: замість окремих підігрівачів і мережевих насосів встановлюються загальні.

У порівнянні з чотирьохтрубною системою, трьохтрубна система не дає значної економії матеріальних витрат. У той же час залежний гідравлічний режим в зворотній трубі викликає коливання тисків у елеваторів, що за відсутності регуляторів витрати призводить до розрегулювання системи теплопостачання. Зважаючи на все вище згадане трьохтрубна система застосовується рідко.

Відкриті водяні системи відрізняються більш простим устаткуванням для змішування мережної води, що використовується в місцевій системі гарячого водопостачання. З іншого боку, значна витрата мережної води на гаряче водопостачання суттєво збільшує підживлення теплових мереж. Відкриті системи споруджуються як однотрубними, так і багатотрубними. Основним типом відкритих систем, як і в закритих системах, є двотрубні водяні системи. Трьох- і чотирьохтрубні відкриті теплові мережі застосовують з тією ж метою, що і закриті багатотрубні системи.

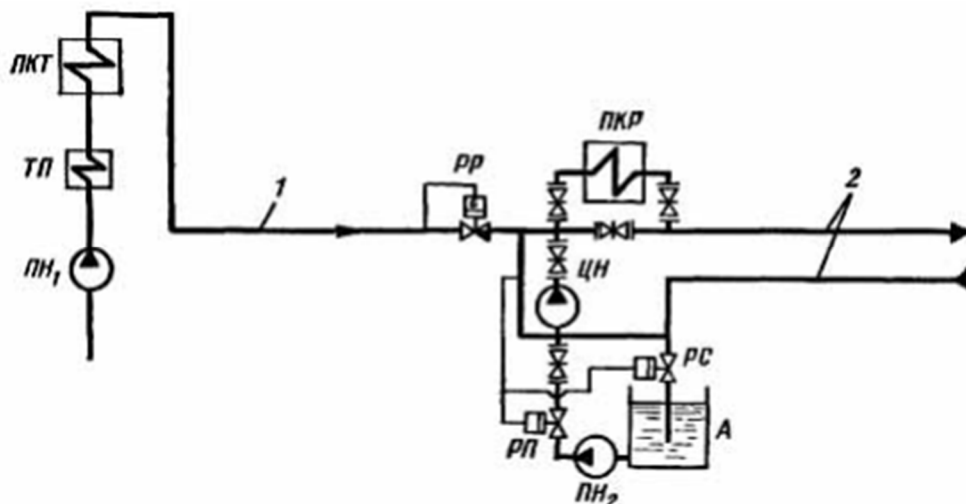
Відкриті чотирьох системи теплопостачання особливо раціонально застосовувати в сільській місцевості, де друга пара трубопроводів спеціально призначена для гарячого водопостачання. В великих містах самостійні теплові мережі гарячого водопостачання споруджуються за умови забезпечення джерел тепла підживленням теплових мереж з господарсько-питного водопроводу. Перевага ізолюваних мереж гарячого водопостачання полягає в тому, що водорозбірні прилади можуть приєднатися до теплових мереж без установки на абонентських вводах дорогих змішувальних клапанів і регуляторів температури. Чотирьохтрубні теплові мережі зручні для організації безперервного гарячого водопостачання в літній період. Витрати на прокладку додаткових мереж зазвичай невеликого діаметру і часто на короткі відстані виявляються вигіднішими тих складнощів регулювання, які виникають в двотрубних мережах в теплу пору опалювального сезону, коли застосовується місцеве регулювання пропусками. У відкритих двотрубних системах теплопостачання різномірних споживачів при незалежних схемах приєднання опалення поліпшується якість води, що використовується для гарячого водопостачання.

За умов спільної подачі тепла на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання в однотрубних теплових мережах необхідно, щоб вся мережева вода розбиралася в точках споживання. Тому однотрубні водяні теплові мережі обов'язково повинні бути відкритими.

Беручи до уваги ряд економічних міркувань і санітарних вимог охорони

навколишнього середовища будівництво великих ТЕЦ в межах міста забороняється. Перенесення ТЕЦ далеко за межі міста ближче до джерел водопостачання та до місця видобутку палива вимагає великих капітальних вкладень в теплові мережі. Однотрубні теплові мережі в цьому відношенні найбільш перспективні, тому що дозволяють значно скоротити ці витрати.

Вченими розроблено декілька видів однотрубних систем далекого теплопостачання. Проф. В.Б. Пакшвером запропонував однотрубну систему транспорту тепла від ТЕЦ до пікового джерела, що розташоване поблизу міста, з прокладкою в районі теплового споживання звичайних двотрубних розподільних мереж (рис. 2.3). Однотрубна мережа від ТЕЦ до міських розподільчих мереж призначена для транзитної передачі тепла і підживлення міських теплових мереж. Підживлення розподільних мереж йде безперервно і регулюється регулятором витрати РР, що встановлений в піковій котельні району ПКР. Нерівномірне споживання гарячої води в розподільчих мережах регулюється встановленням акумуляторів для зливу в них надлишків води.



1 - транзитна магістраль; 2 - розподільні мережі; ПКТ, ПКР - пікові котельні ТЕЦ і району; ТП - теплофікаційний підігрівач; ЦН і ПН1, ПН2- циркуляційний і підживлюючий насоси; РП, РР, РС - регулятори підживлення, витрати і зливу; А - акумулятор

Рисунок 2.3 - Схема однотрубно-двотрубної транзитної магістралі і двотрубної розподільчої мережі

Тиск в розподільній мережі підтримується регуляторами РП і РС. При падінні величини водорозбору тиск в розподільних мережах підвищується. Імпульс підвищеного тиску призводить до відкриття клапана РС і сливу надлишку води в акумулятор. З відновленням максимального водорозбору, що перевищує величину підживлення по транзитному теплопроводу, тиск в розподільних мережах падає. Внаслідок відбувається відкриття клапана РП і включення підживлювального насоса.

Для забезпечення роботи такої системи з мінімальним зливом гарячої води, витрата води для підживлення з ТЕЦ повинно розраховуватися за середньо годинної витрати води на гаряче водопостачання за тиждень.

Тому однотрубні системи призначені для транспорту тільки тієї частини тепла, при якій злив води з розподільчих систем відсутній. Решта теплового навантаження виробляється в пікової котельні району. Транзитний транспорт тепла, що надходить з підживлювальної витратою води економічно вигідний при великій температурі теплоносія.

В однотрубних системах з радіусом дії понад 25 км температура мережної води може досягати 250-270 °С (при тиску до 4 МПа), так як високотемпературний теплоносій сприяє скороченню витрат дорогої мережевої води і металу на виготовлення трубопроводу меншого діаметру. Але при температурі води вище за 180 - 200°С в зв'язку зі значним зростанням тиску ускладнюється транспорт тепла і необхідно проводити реконструкцію діючих теплових мереж, трубопроводи та арматура яких не розраховані на високий тиск.

Таким чином, однотрубні магістралі і розподільні мережі працюють з різними температурами і гідравлічними режимами. Температурний режим в розподільчих мережах регулюється в ПКР шляхом змішування підживлювальної води, з однотрубною мережі і мережної води, підігрітої в ПКР.

ПКР з дешевими водогрійними котлами великої теплопродуктивності відводиться провідна роль у вирішенні сучасної проблеми теплопостачання, яка виникла внаслідок відставання будівництва ТЕЦ від термінів введення в експлуатацію об'єктів та житлових будинків. Використання ПКР в якості тимчасових базових джерел тепла дає вигоду в термінах будівництва джерел тепла і в черговості капіталовкладень, дозволяючи з мінімальними витратами централізувати теплопостачання в районах, де введення в експлуатацію споживачів тепла значно випереджає терміни спорудження ТЕЦ. Після споруди ТЕЦ і теплових мереж від них ПКР включаються в загальну систему теплопостачання і переводяться на піковий режим роботи.

Однотрубна система, розроблена Н.Н.Аграчевим, Л.А.Мелентьевим і С.Ф.Копьевим, [9] призначається для транспортування тепла від ТЕЦ до центральних змішувально-акумуляторних пунктів - ЦЗП, розташованих в районі теплового споживання. Від ЦЗП розподільні мережі виконуються двотрубними з безпосереднім водорозбором на гаряче водопостачання. У цій системі в районі споживання теплоносія додаткові джерела тепла не передбачаються.

Температурний режим в розподільних мережах регулюється підмішуванням зворотної води до високотемпературної води з однотрубною мережі. Для змішування води використовуються елеватори або змішувальні насоси. У період мінімальних водорозборів

надлишок води збирається в акумуляторах. При водорозборах, що перевищують транзитне підживлення з однотрубною мережі, гаряча вода з акумуляторів подається в елеватори або до насосів змішання ЦЗП.

Однотрубні системи з ЦЗП можуть бути використані без реконструкції розподільних мереж, але їх застосування доцільно в районах з високою розрахунковою температурою повітря для проектування опалення, та де наявна велике навантаження на гаряче водопостачання.

Прямоточні однотрубні теплові мережі дають велику економію капіталовкладень на будівництво мереж, але вимагають високої автоматизації абонентських вводів. З цих причин прямоточні системи доцільні в курортних районах країни, де наявне велике навантаження на гаряче водопостачання.

Залежно від прийнятої схеми введення, тобто в залежності від прийнятої технології переходу тепла з теплових мереж до місцевих системи, розрахункові витрати теплоносія в системі теплопостачання можуть змінюватися в 1,5-2 рази, що свідчить про досить істотний вплив абонентських вводів на економіку всієї системи теплопостачання.

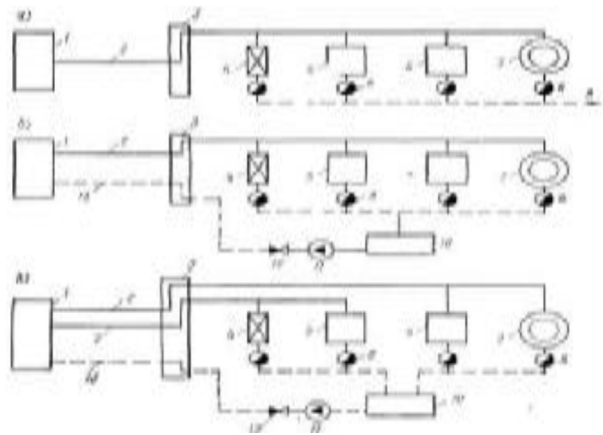
2.1.2 Парові системи теплопостачання

Пар як теплоносії має певні переваги в порівнянні з водою:

1. велику універсальність, яка полягає в можливості задоволення всіх видів теплоспоживання, включаючи технологічні процеси;
2. менша витрата електроенергії на переміщення теплоносія (витрата електроенергії на повернення конденсату в парових системах дуже невеликий в порівнянні з витратами електроенергії на переміщення води в водяних системах);
3. невисокий гідростатичний тиск внаслідок малої щільності пара в порівнянні з щільністю води.

Як і водяні, парові системи теплопостачання, бувають однотрубними, двотрубними і багатотрубними (рис. 2.4).

В однотрубній паровій системі (рис. 2.4, а) конденсат пара не повертається від споживачів тепла до джерела, а використовується на гаряче водопостачання і технологічні потреби або викидається в дренаж. Такі системи мало економічні і застосовуються при невеликих витратах пара.



а-однотрубною без повернення конденсату; б-двотрубною з поверненням конденсату; в-трёхтрубною з поверненням конденсату; 1-джерело тепла; 2-паропровід; 3-абонентський ввід; 4-калорифер вентиляції; 5-теплообмінник місцевої системи опалення; 6-теплообмінник місцевої системи гарячого водопостачання; 7-технологічний апарат; 8-конденсатовідвідник; 9-дренаж; 10-бак збору конденсату; 11-конденсаційний насос; 12-зворотний клапан; 13-конденсатопровід.

Рисунок 2.4 - Принципові схеми парових систем теплопостачання

Двотрубні парові системи з поверненням конденсату до джерела тепла (рис. 2.4, б) мають найбільше поширення на практиці. Конденсат від окремих місцевих систем теплоспоживання збирається в загальний бак, розташований в тепловому пункті, а потім насосом перекачується до джерела тепла. Приготування нових порцій поживної води для парових котлів зазвичай вимагає значних витрат, що перевищують витрати на повернення конденсату. Питання про доцільність повернення конденсату до джерела тепла вирішується в кожному конкретному випадку на підставі техніко-економічних розрахунків.

Багатотрубні парові системи (рис. 2.4, в) застосовуються на промислових майданчиках при отриманні пара від ТЕЦ і в разі, якщо технологія виробництва вимагає пара різних тисків. Витрати на спорудження окремих паропроводів для пара різних тисків виявляються менше, ніж вартість перевитрати палива на ТЕЦ при відпустці пара найбільш високого тиску і подальшого редукування його у абонентів, які потребують парі більш низького тиску. Для повернення конденсату в трёхтрубних системах використовують один загальний конденсатопровід. У ряді випадків подвійні паропроводи прокладаються і при однаковому тиску в них пара з метою надійного і безперебійного постачання пари споживачів. Число паропроводів може бути і більше двох, наприклад, при резервуванні подачі з ТЕЦ пара різних тисків або при доцільності подачі з ТЕЦ пара трьох різних тисків.

На великих промислових вузлах, які об'єднують кілька підприємств, споруджуються

комплексні водяні і парові системи з подачею пара на технологію і води на потреби опалення та вентиляції.

2.2 Вибір систем теплопостачання.

Система теплопостачання вибирається залежно від характеру теплового споживання і виду джерела теплопостачання.

Водяним системам теплопостачання віддається перевага, коли споживачами в основному є системи опалення та гарячого водопостачання. При наявності технологічної теплового навантаження, що вимагає тепло підвищеного потенціалу, раціонально також застосовувати воду в якості теплоносія, але при цьому передбачати прокладку третього відокремленого трубопроводу.

На промислових майданчиках при переважаючому технологічному тепловому навантаженні підвищеного потенціалу і малих навантаженнях опалення та вентиляції раціонально застосовувати парові системи теплопостачання.

В нашій країні неухильно проводиться орієнтація на більш економічні теплофікаційні системи. Вище згадані позитивні властивості водяних систем сприяють їх широкому застосуванню в житлово-комунальному господарстві міст та селищ. У меншій мірі водяні системи застосовуються в промисловості, де більше $\frac{2}{3}$ всієї потреби в теплі задовольняються паром. Оскільки, промислове споживання тепла становить близько $\frac{2}{3}$ всього теплоспоживання країни, частка пара в покритті загальної витрати тепла залишається ще дуже значною.

2.3 Організація експлуатації теплових мереж

При експлуатації теплових мереж споживачів повинно бути забезпечено теплоносієм встановлених параметрів відповідно до заданого графіка.

При вичерпанні фактичної потужності джерел тепла і пропускної здатності магістралей теплової мережі приєднання нових споживачів забороняється.

Організація, що експлуатує теплові мережі, повинна здійснювати контроль над технічним станом та справністю трубопроводів, теплових пунктів та іншого обладнання, що знаходиться на балансі споживачів, а також за експлуатаційними режимами роботи теплових пунктів без права втручання в господарську діяльність споживача.

Оперативна схема теплових мереж, а також налаштування автоматики і пристроїв технологічного захисту повинні забезпечувати:

1. Подачу споживачам теплоносія заданих параметрів відповідно до договорів на користування тепловою енергією;
2. Оптимальне розподілення теплоносія в теплових мережах;
3. Можливість здійснення спільної роботи декількох джерел тепла на об'єднану теплову мережу і при необхідності переходу до роздільної роботи від декількох джерел.

Трубопроводи теплових мереж до введення їх в експлуатацію після монтажу або капітального ремонту повинні бути піддані очищенню.

Трубопроводи теплових мереж повинні заповнюватися водою температурою не вище 70оС при відключених системах теплоспоживання.

Для двотрубних водяних теплових мереж в основу режиму відпуску тепла повинен бути покладений графік центрального якісного регулювання.

При наявності навантаження гарячого водопостачання мінімальна температура води в подавальному трубопроводі повинна бути: для закритих схем не нижче 70оС; для відкритих схем гарячого водопостачання не нижче 60оС.

Гідравлічні режими водяних теплових мереж повинні розроблятися щорічно для опалювального і літнього періодів; для відкритих систем теплопостачання в опалювальний період режими повинні розроблятися при максимальному водозаборі з подавального та зворотного трубопроводів. Заходи з регулювання витрати води у споживачів повинні бути складені для кожного опалювального сезону.

2.4 Висновок з розділу

Існує велика кількість систем теплопостачання. Частина цих систем теоретична і ніколи не проектувалася, частина лишилась від Радянського Союзу і не відповідає сьогоденним потребам.

Все більшого розповсюдження набуває двотрубна система теплопостачання про яку надалі і піде мова.

3 ТЕМПЕРАТУРНІ ГРАФІКИ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Нормування та відпуск теплової енергії системами центрального теплопостачання це надзвичайно важливе питання і температурний графік відпуску тепла є одним з основних інструментів, що мають забезпечити ефективну експлуатацію систем теплопостачання.

Температурні графіки відпуску теплової енергії прийняті в Україні:

- 150/70 °C;
- 130/70 °C;
- 115/70 °C;
- 105/70 °C;
- 95/70 °C.

Ефективність прийнятого температурного графіка залежить від таких основних параметрів:

- теплових втрат приміщень, що опалюється;
- технічних характеристик системи опалення;
- типу встановлених опалювальних приладів;
- величини побутових теплових надходжень;

За цими температурними графіками визначаються параметри роботи систем теплопостачання при видачі технічних умов на:

- підключення до теплових мереж;
- встановлення теплових лічильників
- встановлення індивідуальних теплових пунктів.

В той же час ці температурні графіки фактично ніде не виконуються. Переважна більшість традиційних систем теплопостачання працює на значно знижених, по відношенню до номінальних, температурних графіках. Для служб експлуатації – це засіб заощадження енергоресурсів, а для енергоаудиторів – привід для того, щоб відмітити відхилення від нормативних параметрів експлуатації та припустити можливість «недогрівів» приміщень та відхилень від санітарних норм.

Прийняті більше чверті століття тому температурні графіки відпуску тепла в той період відповідали технічному стану систем теплопостачання та умовам життя суспільства, але зараз потребують коригування.

Основними передумовами для коригування температурних графіків систем централізованого теплопостачання є:

1. Зниження необхідного теплового навантаження на будівлі старої забудови(по відношенню до проектного);

2. Наявності неточностей в проектуванні та налагоджуванні системи тепlopостачання;
3. Робота теплових мереж в непроекtnих режимах;
4. Недогрів споживачів.

Одним із способів підвищити ефективність використання теплової енергії в системах тепlopостачання є застосування ексергетичного методу. Ексергія матерії (в нашому випадку ексергія теплоносія) показує її максимальну здатність до здійснення роботи в такому процесі, кінцевий стан якого визначається умовами термодинамічної рівноваги з навколишнім середовищем. Всі енергетичні процеси на практиці протікають незворотно. Незворотність є причиною зменшення досконалості процесу. Це зменшення відбувається не через втрати енергії, а пов'язано зі зниженням її якості.

Для визначення оптимального графіку тепlopостачання за ексергетичним методом розглянемо схему на рис. 3.1.

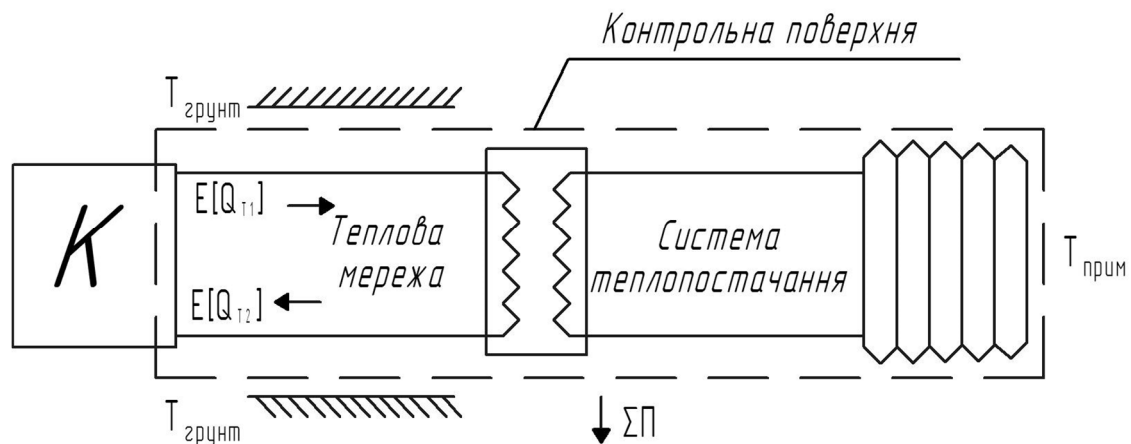


Рисунок 3.1 - Схема тепlopостачання

Згідно до рис. 3.1 ексергетичний баланс системи можна записати, як:

$$\sum E_{T1} - \sum E_{T2} - \sum \Pi = E_{\text{прим}}, \quad (3.1)$$

$$\sum E = E[Q] + E[H] + K + E_{\text{грав}}, \quad (3.2)$$

де $\sum E_{T1}$ - сумарна ексергія теплоносія в подавальному трубопроводі тепломережі,

кВт;

$\sum E_{T2}$ - сумарна ексергія теплоносія в зворотному трубопроводі тепломережі, кВт;

$\sum \Pi$ - сумарні втрати ексергії, кВт;

$E_{\text{прим}}$ - ексергія, що надходить в опалювальне приміщення, кВт;

$E[Q]$ - ексергія теплоти, кВт;

$E[H]$ - ексергія ентальпії, кВт;

K - ексергія кінетичної енергії, кВт;

$E_{\text{грав}}$ - ексергія гравітаційної енергії, кВт;

Та беручи до уваги, що нас цікавить лише визначення оптимальних температур системи тепlopостачання знехтуємо величинами $E[H]$, K , $E_{\text{грав}}$. Тоді вираз 3.1 набуває наступного вигляду:

$$E[Q_{T_1}] - E[Q_{T_2}] - \sum P = E_{\text{прим}}, \quad (3.3)$$

де $E[Q_{T_1}]$ - ексергія теплоти теплоносія в подавальному трубопроводі тепломережі, кВт;
 $E[Q_{T_2}]$ - ексергія теплоти теплоносія в зворотному трубопроводі тепломережі, кВт;

В разі оборотного протікання процесу:

$$\Delta E = E[Q_{T_1}] - E[Q_{T_2}] = E_{\text{прим}} \quad (3.4)$$

Отже, згідно до виразу 3.4 для визначення оптимальних температур в подавальному та зворотному трубопроводі необхідно максимально зменшити величину ΔE .

В загальному вигляді вираз для ексергії теплового потоку має наступний вигляд:

$$E[Q] = Q \left(1 - \frac{T_0}{T} \right), \quad (3.5)$$

де Q - кількість теплоти, кВт;
 T_0 - температура навколишнього середовища, °C;
 T - температура теплоносія, °C;
 Для ексергії теплоти в подавальному трубопроводі: $T_0 = T_{\text{прим}}$; $T = T_1$;
 Для ексергії теплоти в зворотному трубопроводі: $T_0 = T_{\text{грунт}}$; $T = T_2$.

Кількість теплоти можна розрахувати за формулою:

$$Q = G C_p T, \quad (3.6)$$

де G – витрата теплоносія, кг/с;
 C_p – питома ізобарна теплоємність, кДж/(кг · °C);
 T – температура теплоносія, °C;

Витрату теплоносія можна розрахувати за формулою:

$$G = \frac{Q}{C_p \cdot (T_1 - T_2)}, \quad (3.7)$$

де Q – теплове навантаження системи, кВт;
 T_1 – температура в подавальному трубопроводі, °C;
 T_2 – температура в зворотному трубопроводі, °C;

Враховуючи 3.6, 3.7 можна записати:

$$\Delta E = Q \cdot |k_{\Delta E}| \quad (3.8)$$

$$k_{\Delta E} = 1 - \frac{T_{\text{прим}} - T_{\text{грунт}}}{T_1 - T_2} \quad (3.9)$$

Проведемо розрахунки з метою визначення значення коефіцієнта $k_{\Delta E}$. При цьому приймаємо температуру подачі теплоносія від 55 °С (мінімальна температура подачі гарячої води на потреби ГВП) до 150 °С. Температура ґрунту приймається за експериментальними даними для м. Києва в діапазоні між 15 °С (літній режим) та 5 °С (зимовий режим).

Таблиця 3.1 – Значення коефіцієнта $k_{\Delta E}$ залежно від температур T_1 , T_2 та $T_{\text{грунт}}$

$T_1, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{прим}} = 20 ^\circ\text{C}$					
	$T_{\text{грунт}} = 15 ^\circ\text{C}$		$T_{\text{грунт}} = 10 ^\circ\text{C}$		$T_{\text{грунт}} = 5 ^\circ\text{C}$	
	$T_2 = 70 ^\circ\text{C}$	$T_2 = 40 ^\circ\text{C}$	$T_2 = 70 ^\circ\text{C}$	$T_2 = 40 ^\circ\text{C}$	$T_2 = 70 ^\circ\text{C}$	$T_2 = 40 ^\circ\text{C}$
55	-	0,67	-	0,33	-	0,00
60	-	0,75	-	0,50	-	0,25
65	-	0,80	-	0,60	-	0,40
70	-	0,83	-	0,67	-	0,50
75	0,00	0,86	1,00	0,71	2,00	0,57
80	0,50	0,88	0,00	0,75	0,50	0,63
85	0,67	0,89	0,33	0,78	0,00	0,67
90	0,75	0,90	0,50	0,80	0,25	0,70
95	0,80	0,91	0,60	0,82	0,40	0,73
100	0,83	0,92	0,67	0,83	0,50	0,75
105	0,86	0,92	0,71	0,85	0,57	0,77
110	0,88	0,93	0,75	0,86	0,63	0,79
115	0,89	0,93	0,78	0,87	0,67	0,80
120	0,90	0,94	0,80	0,88	0,70	0,81
125	0,91	0,94	0,82	0,88	0,73	0,82
130	0,92	0,94	0,83	0,89	0,75	0,83
135	0,92	0,95	0,85	0,89	0,77	0,84
140	0,93	0,95	0,86	0,90	0,79	0,85
145	0,93	0,95	0,87	0,90	0,80	0,86
150	0,94	0,95	0,88	0,91	0,81	0,86

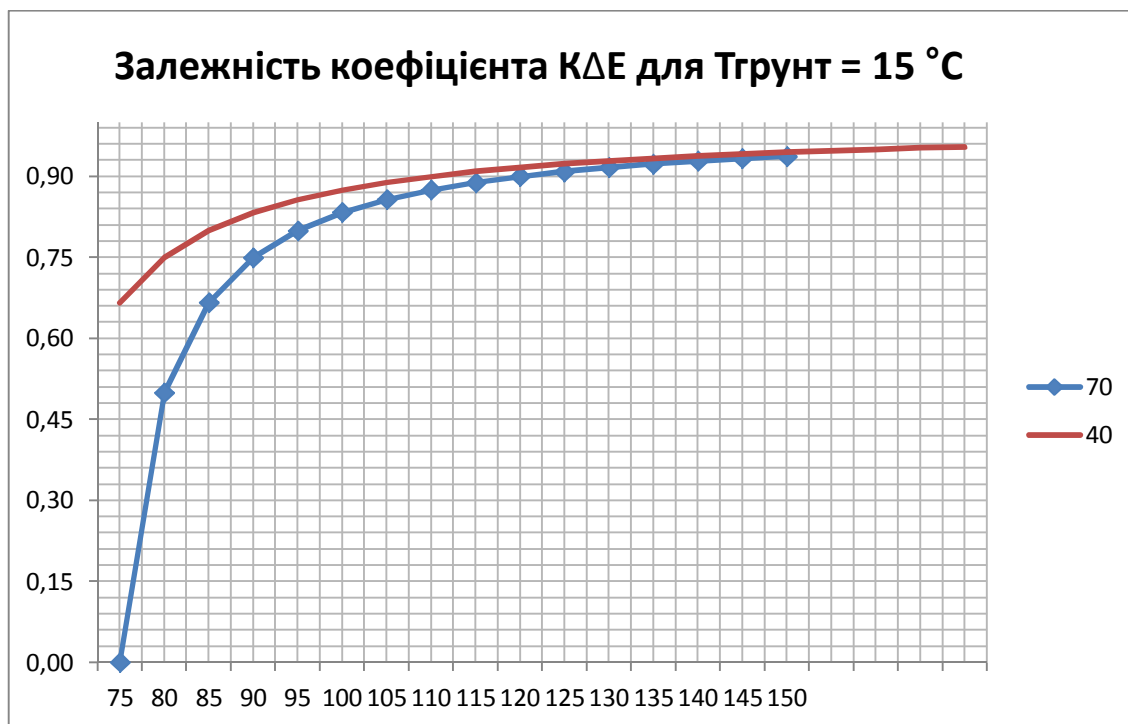


Рисунок 3.2 - Залежність коефіцієнта $k_{DE} = f(T_1)$ за $T_{\text{грунт}} = 15^\circ\text{C}$

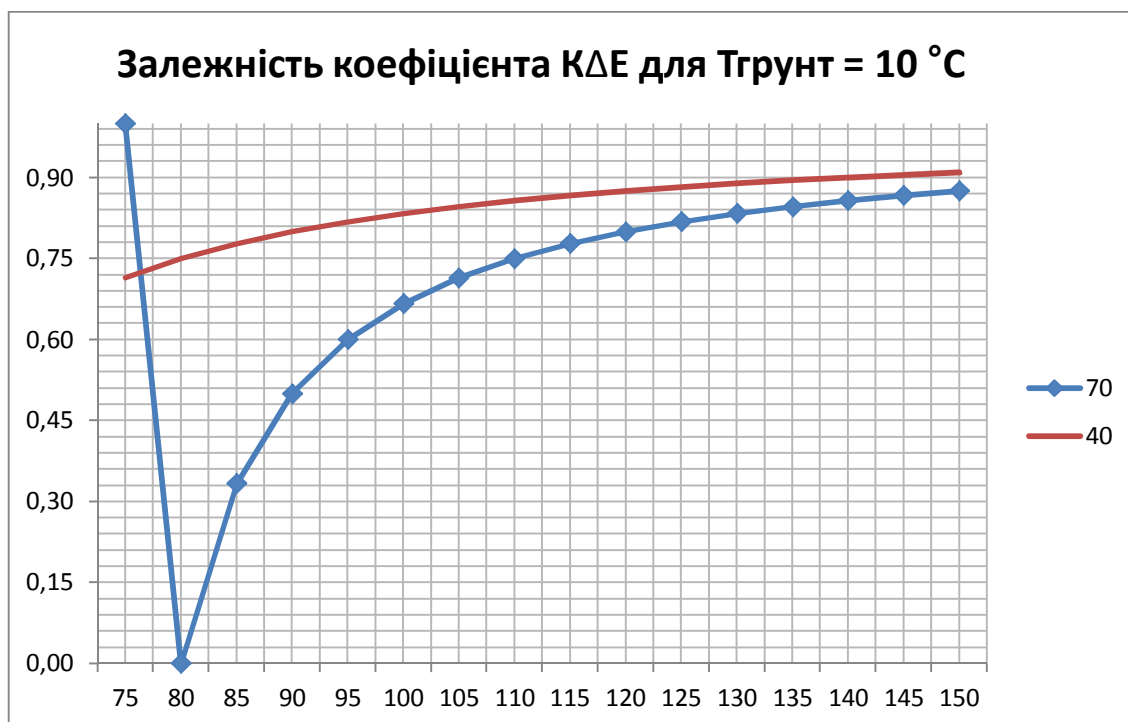


Рисунок 3.3 - Залежність коефіцієнта $k_{DE} = f(T_1)$ за $T_{\text{грунт}} = 10^\circ\text{C}$

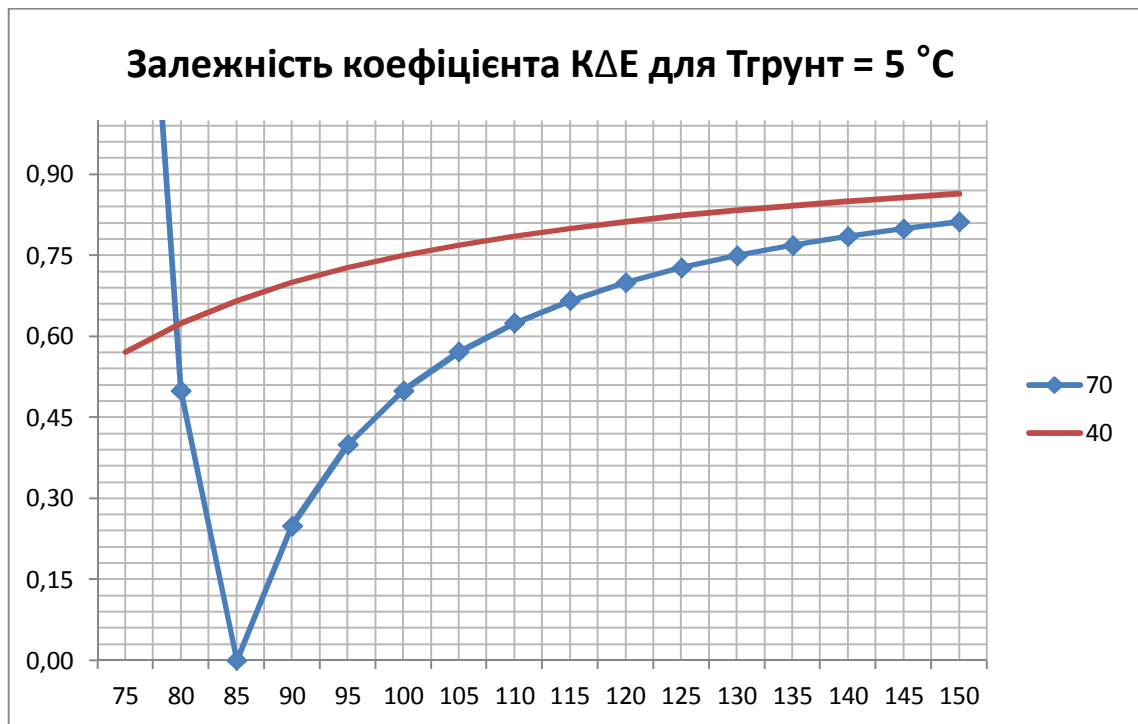


Рисунок 3.4 - Залежність коефіцієнта $k_{\Delta E} = f(T_1)$ за $T_{\text{грунт}} = 5^\circ\text{C}$

Представлені в табл. 3.1 результати розрахунків $k_{\Delta E}$ показують частку витрат теплової ексергії в теплових мережах. У негативній зоні $k_{\Delta E}$ може коливатися до мінус ∞ , в позитивній - до 1. Негативний знак при обчисленні коефіцієнта витрат ексергії в тепловій мережі обумовлений затратами ексергії на транспорт теплоносія. При зниженні різниці температур між температурою в подавальному трубопроводі тепломережі та температурою внутрішнього повітря він прямує до мінус нескінченості. Надмірний перегрів теплоносія призводить до витрат ексергії при теплообміні з навколишнім середовищем. Цю неефективність показує додатний знак при обчисленні коефіцієнта.

На рис 3.2 – 3.4 представлені графічне представлення табл. 3.1 в вигляді залежності $k_{\Delta E} = f(T_1)$.

Висновок :

Для закритих систем тепlopостачання м. Києва вигідні наступні температурні графіки:

Зимовий режим – 75/70;

Перехідний режим – 80/70;

Літній режим – 85/70;

Для відкритих систем тепlopостачання м. Києва вигідні наступні температурні графіки:

Всі режими – 55/40;

4 ОПАЛЮВАЛЬНІ КОТЕЛЬНІ

4.1 Загальна характеристика котельні

В опалювальній котельні (ОК) для одержання теплової енергії доводиться спалювати паливо. Хімічна енергія палива, яка в процесі горіння перетворюється в теплоту BQ_n^p , складається практично уся з ексергії. Тому наближено можна прийняти в оціночних розрахунках, що питома ексергія палива кількісно дорівнює теплоті згоряння палива, тобто $e_{нал} = Q_n^p$. Особливість перетворення ексергії в енергію показано на рис.4.1 на прикладі ідеалізованої котельні (втрати теплоти в системі відсутні). Як видно з рисунка, вся енергія теплоти Q_n одержується з ексергії $E_{нал}$ внаслідок необоротностей процесів згорання - $\Pi_{зг}$ і теплообміну - $\Pi_{\Delta T}$:

$$E_{нал} = E[Q_n] + \sum \Pi$$

$$\sum \Pi = A[Q_n] = \Pi_{зг} + \Pi_{\Delta T}$$

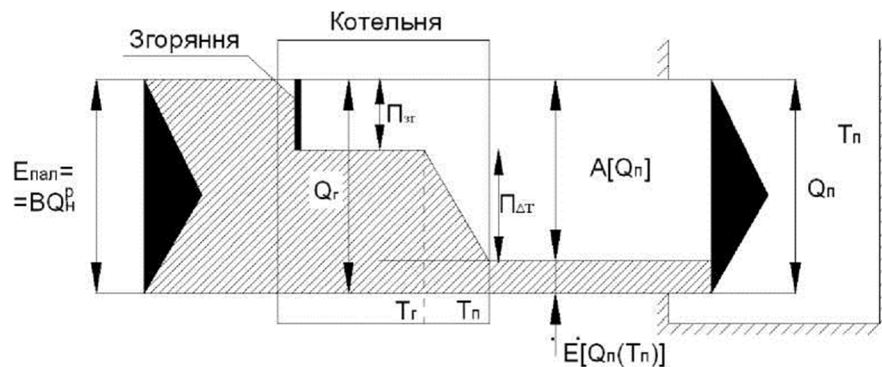


Рисунок 4.1 - Спрощена схема перетворення ексергії палива в опалювальній котельні

Ексергетичний ККД ідеалізованої ОК при $e_{нал} \neq Q_n^p$ визначається виразом:

$$\eta_{ок}^{ex} = \frac{E[Q_n]}{E_{нал}} = \frac{Q_n \cdot \tau_n}{E_{нал}} = \frac{Q_n^p}{e_{нал}} \cdot \tau_n$$

Як бачимо, $\eta_{ок}^{ex}$ визначається тільки температурою опалювального приміщення T_n , $\tau_n = (1 - T_o/T_n)$ та видом палива $Q_n^p/e_{нал}$. Отже, втрати ексергії в опалювальній котельні не можуть бути усунені або зменшені без зміни її структури (власні втрати КУ).

У реальній ОК є втрати теплоти $Q_n = BQ_n^p \eta_{ку}$, тому $\eta_{ку} < \frac{Q_n^p}{e_{нал}} \cdot \tau_n$

При $\tau_n = 0,08$ та $Q_n^p/e_{нал} = 0,95$ (паливо - природний газ) $\eta_{ок}^{ex} = 7,6\%$ при $\eta_{ок} = 100\%$

(ідеалізована котельня), реально $\eta_{ок}^{ex} < 7,6\%$.

Опалювальна котельня може бути окремо стоячою, вбудованою в будівлю (незалежно від поверху розміщення), прибудованою або кришною.

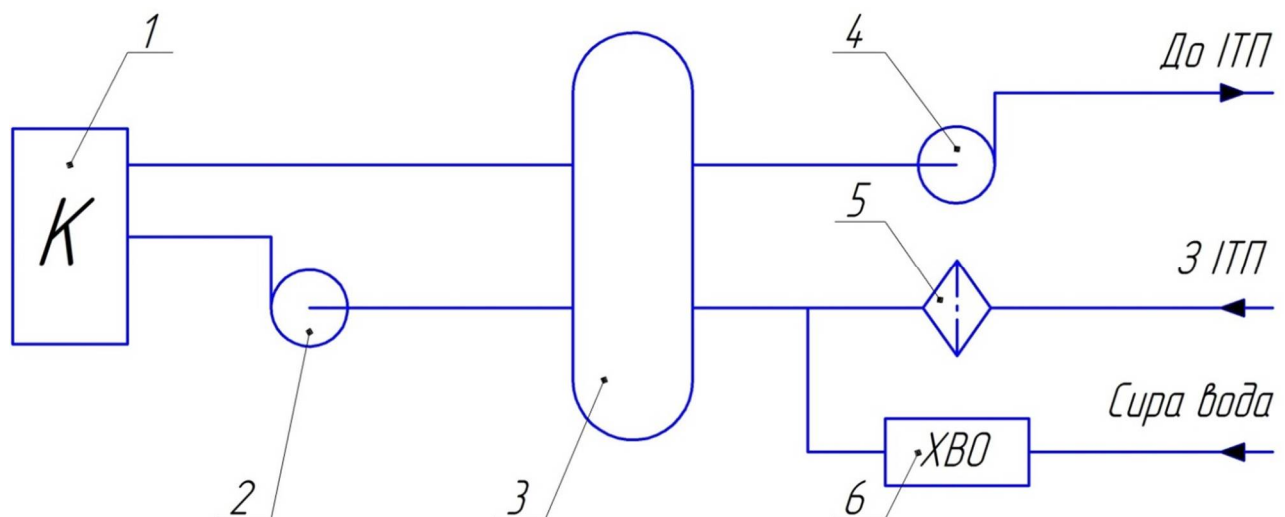
Котельня може працювати на будь-якому виді палива (для дахових варіантів виключено застосування твердого або рідкого палива). Автономні котельні, що працюють на газоподібному або рідкому паливі, повинні бути автоматизовані та працювати без постійної присутності обслуговуючого персоналу.

При роботі котельної або когенераційної установки без постійної присутності обслуговуючого персоналу на диспетчерський пункт (місце цілодобового перебування чергового) необхідно передавати відповідні попереджувальні та аварійні сигнали про стан котельні.

При розробці технологічних схем побудови котелень необхідно враховувати такі основні фактори:

- технічне стан і умови експлуатації системи теплоспоживання, які є визначальними при виборі теплової схеми
- теплотехнічні показники системи;
- якість водопровідної води, яка подається в котельню;
- розташування котельні.

4.2 Опис теплової схеми котельні



1 – водогрійний котел; 2 – котловий насос; 3 – гідророзділювач; 4 – сітьовий насос; 5 – грязьовик; 6 – система водопідготовки.

Рисунок 4.2 – Принципова схема водогрійної котельні з відпуском теплоти при закритій системі теплопостачання.

На рис. 4.2 представлена найбільш загальна схема опалювальної водогрійної котельні з відпуском теплоти при закритій системі тепlopостачання з використанням конденсаційних котлів.

Тепловою схемою котельні передбачається виробництво та відпуск теплоти на потреби опалення, вентиляції та гарячого водопостачання у вигляді гарячої води з заданим температурним графіком.

Вода, яка нагрівається в котлах 1 поступає в гідророзділювач 3, де охолоджується, нагріваючи при цьому зворотню воду з ІТП та сиру воду, що поступає на підживлення котельні. Після цього вода потрапляє у зворотню магістраль котельні, звідки перекачується котловим насосом 2 на ввід водогрійного котла.

Зворотня вода з ІТП проходить крізь грязьовик 5, змішується з підживлювальною водою та поступає в гідророзділювач 3, де нагрівається. Потім ця вода перекачується сітьовим насосом 4 на ввід ІТП.

Сира вода призначена для поповнення витікань котельні проходить крізь очисні пристрої 6, а саме: установку сорбційної очистки, станцію дозування антискалату, установку зворотнього осмосу, установку пом'якшення води, стацію хімічної деаерації та станцію коригування РН. Після цього підготовлена вода потрапляє у зворотню магістраль, де змішується зі зворотньою водою з ІТП.

У разі застосування не конденсаційних котлів необхідно забезпечити кожен котел підмішувальним насосом для запобігання конденсації димових газів та руйнування поверхонь нагріву котла.

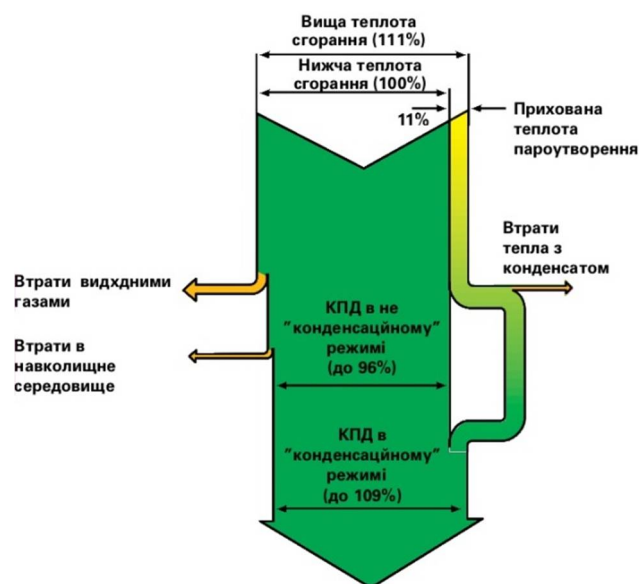


Рисунок 4.3 – Схема використання теплоти відхідних газів в конденсаційному котлі при спалюванні природного газу.

Як видно рис.4.3 істотний приріст ККД наявний у випадку коли котел працює в конденсаційному режимі. Конденсація пари починається, коли при парціальному тиску водяної пари температура димових газів досягає температури точки роси. Температура точки роси продуктів згорання даного виду і складу палива збільшується при зменшенні коефіцієнта надлишку повітря ($\alpha \rightarrow 1$) і підвищенні вологовмісту дуттьового повітря (див рис 4.4), що веде до збільшення кількості конденсату, а отже і кількості теплоти, що виділяється при конденсації пари.

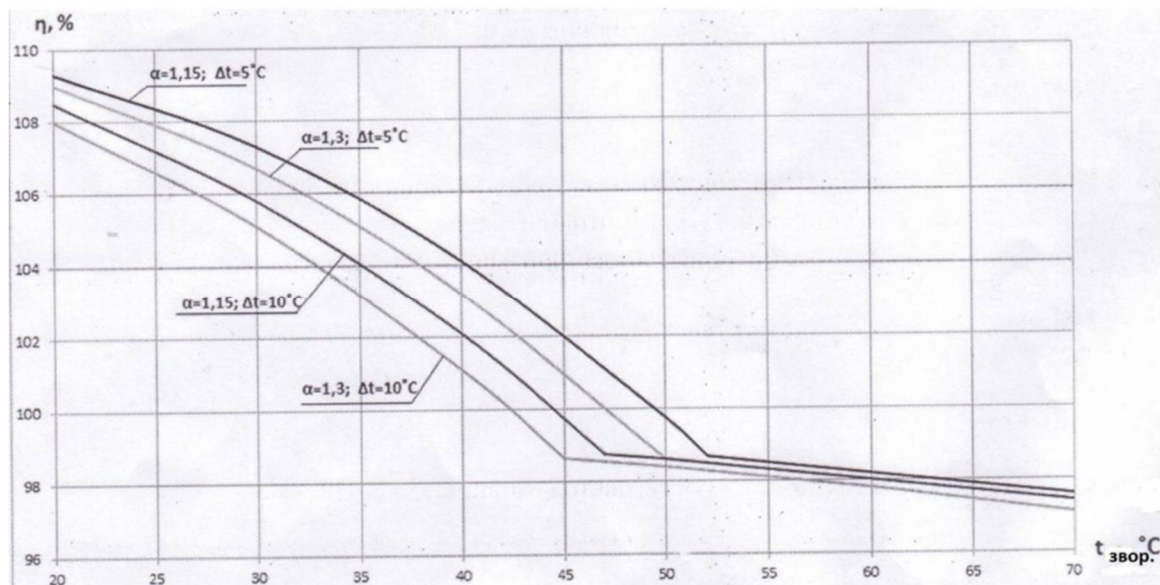


Рисунок 4.4 – Вплив температури зворотної води на ККД конденсаційного котла.

При встановленні котлів-теплоутилізаторів ситуація аналогічна. Застосування теплоутилізаційних котлів економічно обґрунтоване у випадку модернізації існуючої котельні.

4.3 Висновок з розділу

Ефективність роботи котельні в цілому складається з ефективності всіх її елементів (котлів, насосів, технологічних вузлів хімічної підготовки тощо). Але оскільки ефективність сучасних насосів та технологічних вузлів приблизно однакова для всіх виробників то суттєво вплинути на ефективність котельні можливо за рахунок застосування конденсаційних котлів або за рахунок встановлення установок утилізації димових газів.

5 ТЕПЛОНАСОСНІ УСТАНОВКИ

5.1 Загальна характеристика ТНУ

Теплонасосні установки використовують низькопотенційну енергію навколишнього середовища за рахунок термодинамічних перетворень за зворотнім циклом Карно, що дозволяє підвищити енергетичний потенціал основного теплоносія до більш високого рівня, витрачаючи при цьому в 2...4,8 раза менше енергії. Теплонасосні установки (ТНУ) використовують енергію повітря, води чи ґрунту і передають її з більшим потенціалом за допомогою низькотемпературних рідин – фреонів, аміаку, азоту тощо. Використання ТНУ в системах тепlopостачання – важлива складова енергозбереження. При цьому зменшуються викиди шкідливих газів у атмосферу, зменшується витрата палива на отримання 1 кВт теплової енергії. Теплонасосні установки доцільно використовувати разом з іншими джерелами тепла.



Рисунок 5.1 - Водно-водяні теплові насоси Viessmann

Схема процесу в ТНУ показана на рис.5.2 для простого випадку, коли холодне джерело – навколишнє середовище.

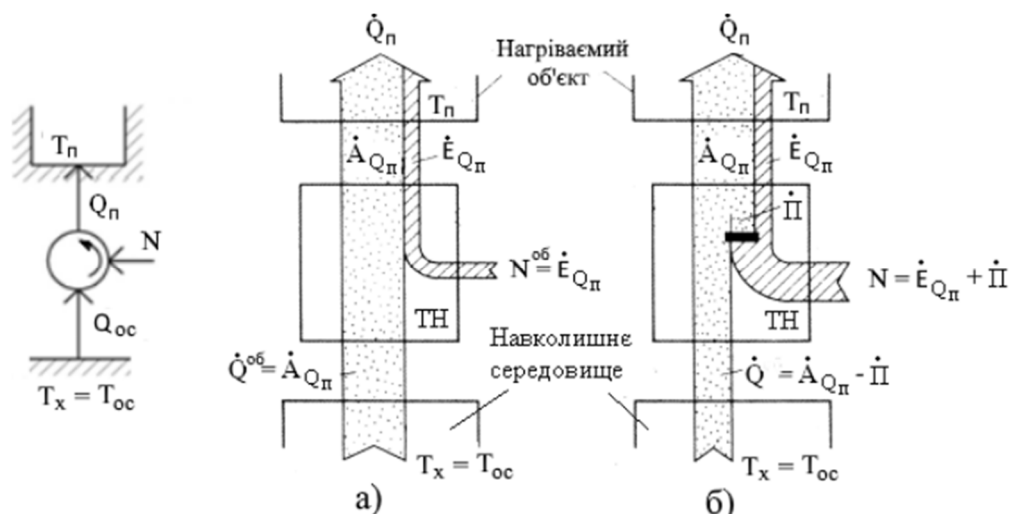


Рисунок 5.2 - Діаграма потоків ексергії і енергії в оборотних (а) і необоротних (б) теплових насосах.

5.2 Застосування методу циклів для аналізу ТНУ

В методі циклів через термодинамічні ефективності оцінюється вплив окремих необоротностей на СОР дійсного циклу[12,13]. Цей метод покладено в основу аналізу енергетичної ефективності теплонасосної установки, схема якої показана на рис. 5.3.

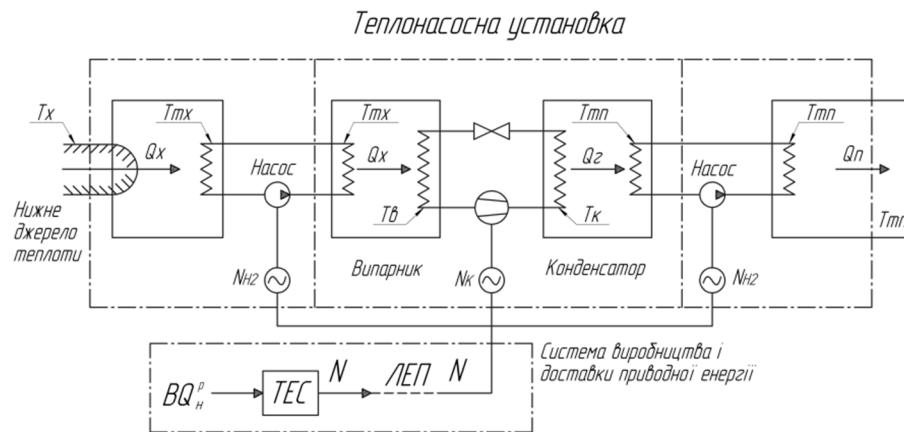


Рисунок 5.3 - Принципова схема парокompресорної теплонасосної установки

Температурні рівні в загальній системі теплового насосу (основні робочі температури): T_K , T_B – температури конденсації та кипіння (випаровування) робочої речовини; T_{TX} , T_{TH} – середні температури проміжних теплоносіїв (використовуються для передачі теплоти від нижнього (холодного) джерела теплоти (T_X) до випарника (T_B) і від конденсатора (T_K) до опалювального приміщення (T_{TH}) – верхнього гарячого джерела теплоти).

Для визначення впливу необоротностей в усіх елементах теплового насосу на СОР циклу необоротності в методі циклів нарощуються послідовно, починаючи з оборотного циклу. Послідовність може бути реалізована в декілька етапів, на кожному з яких враховуються ті чи інші необоротності[12,13]. Етапи в формуванні дійсного термодинамічного циклу, які реалізуються в даній роботі, представлені на рис. 5.4.

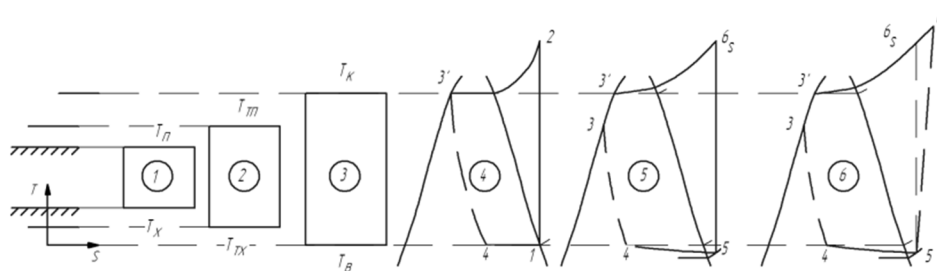


Рисунок 5.4 - Послідовність переходу від оборотного циклу до дійсного

Термодинамічна ефективність дійсного циклу теплового насосу (ступінь наближення його до ідеального) можна визначити за допомогою добутку термодинамічних коефіцієнтів

$$\eta_{TE} = \frac{\varphi_i}{\varphi_{\text{Карно}}} = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} \cdot \frac{\varphi_3}{\varphi_2} \cdot \frac{\varphi_4}{\varphi_3} \cdot \frac{\varphi_5}{\varphi_4} \cdot \frac{\varphi_6}{\varphi_5} = \eta_{21} \cdot \eta_{32} \cdot \eta_{43} \cdot \eta_{54} \cdot \eta_{65} \quad (5.1)$$

де кожний з співмножників виражає перехід від одного циклу до іншого.

Метою проведення аналізу з використанням методу циклів є:

- Визначення основних робочих температур теплового насосу (T_k , T_v) при заданих температур джерел теплоти T_x , $T_\Gamma = T_\Pi$;
- Розрахунок COP базового циклу (цикл Р.Планка) і його залежності від термодинамічних властивостей робочих речовин;
- Оцінка ефективності (COP, η_{ex} , η_{TE}) дійсного циклу з врахуванням впливу гідравлічних опорів у випарнику та конденсаторі.

5.2.1 Визначення основних робочих температур теплового насосу T_k , T_v при заданих температурах джерел теплоти T_x , T_Γ .

Розглянемо фактори, які впливають на вибір значень температур кипіння T_v і конденсації T_k робочої речовини з врахуванням необоротностей в процесах підводу та відводу теплоти (цикли 1, 2, 3 на рис.5.4).

Цикл 1 побудований на температурах джерел теплоти $T_x = \text{const}$, $T_\Gamma = T_\Pi = \text{const}$ (оборотний цикл Карно), для нього $\eta_{TE} = 1$.

Цикли 2 і 3 – цикли Карно з необоротностями в процесах підведення і відведення теплоти. Коефіцієнт $\eta_{21} = \varphi_2 / \varphi_1$ враховує втрати із-за необоротності теплопередачі в нижньому джерелі теплоти ($\Delta T_x = T_x - T_{Tx}$) і в опалювальному приладі ($\Delta T_{оп} = T_{\Pi} - T_\Pi$) (перехід від циклу 1 до циклу 2 на рис.5.4):

$$\eta_{21} = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} = \frac{T_{mn}}{T_{mn} - T_{mx}} = \frac{T_n + \Delta T_{on}}{(T_n + \Delta T_{on}) - (T_x - \Delta T_x)} \quad (5.2)$$

Цикл 3 побудований на основних робочих температурах теплового насосу T_k і T_v . Необоротна теплопередача в конденсаторі ($\Delta T_k = T_k - T_{\Pi}$) і випарнику ($\Delta T_v = T_{Tx} - T_v$) враховується коефіцієнтом $\eta_{32} = \varphi_3 / \varphi_2$ (перехід від циклу 2 до циклу 3, рис.5.4):

$$\eta_{32} = \frac{\varphi_3}{\varphi_2} = \frac{T_k}{T_k - T_v} = \frac{T_{mn} + \Delta T_k}{(T_{mn} + \Delta T_k) - (T_{mx} - \Delta T_v)} = \frac{T_n + \Delta T_{on} + \Delta T_k}{(T_n + \Delta T_{on} + \Delta T_k) - (T_x - \Delta T_x - \Delta T_v)} \quad (5.3)$$

Отже, основні робочі температури теплового насосу при заданих температурах джерел теплоти T_x і $T_\Gamma = T_\Pi$ визначаються таким чином:

- Температура кипіння робочої речовини:

$$T_v = T_x - \Delta T_x - \Delta T_v; \quad (5.4)$$

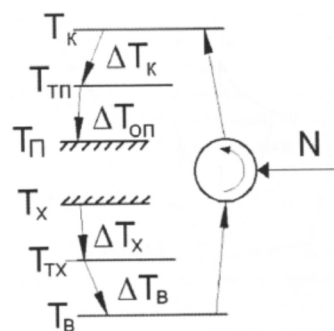
- Температура конденсації:

$$T_k = T_n + \Delta T_{on} + \Delta T_k. \quad (5.5)$$

Чим менші температурні напори в теплообміннику, які визначають необоротність енергетичних перетворень в тепловому насосі, тим вища ефективність теплового насосу, при цьому $T_b \rightarrow T_x$, а $T_k \rightarrow T_n$.

Застосування проміжних теплоносіїв спричиняє додаткові температурні напори ΔT_x , ΔT_k , а отже знижує енергетичну ефективність теплового насосу. Проте вони застосовуються в теплових насосах досить часто. Зокрема, в опалювальних теплонасосних установках нерідко економічно недоцільно реалізовувати кипіння робочої речовини безпосередньо в теплообміннику нижнього джерела теплоти. При розміщенні випарника в нижньому джерелі (наприклад, в ґрунті) збільшується кількість кошовної робочої речовини в системі, що збільшує втрати на установку і гідравлічний опір випарника. Проміжний теплоносій між нижнім джерелом теплоти і випарником може не застосовуватися ($\Delta T_x = 0$), коли в якості джерела теплоти використовується, наприклад, морська, річкова чи артезіанська вода. Теоретично можна обійтися без проміжного теплоносія між конденсатором і опалювальним приміщенням ($\Delta T_k = 0$), тобто направити робочу речовину прямо в опалювальний прилад, проте в цьому випадку можуть не задовольнятися санітарні вимоги.

Для пояснення впливу температурного рівня процесів теплопередачі на втрати ексергії (Π) від вкладу необоротного теплообміну ($\Pi_{\Delta T}$) і гідравлічного опору ($\Pi_{\Delta p}$) розглянемо елемент теплообмінника з двома підсистемами (гріючий потік з температурою T_a і нагріваємий – з T_b (рис.5.5).



$T_x - T_{tx} = \Delta T_x$ – між нижнім джерелом теплоти T_x і проміжним теплоносієм T_{tx} ; $T_{tx} - T_b = \Delta T_b$ – в межах випарника між проміжним теплоносієм T_{tx} та робочою речовиною T_b ; $T_k - T_{tp} = \Delta T_k$ – в межах конденсатора між робочою речовиною T_k і теплоносієм, що нагрівається, T_{tp} ; $T_{tp} - T_n = \Delta T_{on}$ – в межах опалюваного приміщення між гріючим теплоносієм T_{tp} і приміщенням T_n .

Рис. 5.5 - До визначення температур конденсації і випаровування: різниця температур

Пониження температурних напорів (ΔT_x , ΔT_v , ΔT_k , ΔT_{op}) зменшує необоротності і підвищує ефективність енергетичних перетворень в ТН. Застосування проміжних теплоносіїв спричиняє додаткові температурні напори ΔT_x , ΔT_k , а отже, знижує енергетичну ефективність теплового насоса. Величина $\Delta T_x = 0$ ($T_x = T_v$), коли проміжний теплоносій між джерелом теплоти і випарником може не застосовуватися. Це можливо, коли джерело теплоти, наприклад, море, річкова чи артезіанська вода, а також при розміщенні випарника у нижньому джерелі приміром, у ґрунті). В останньому випадку, проте, зростає кількість цінної робочої речовини в системі та збільшуються витрати на установку і гідравлічний опір випарника. Теоретично можна обійтися без проміжного теплоносія між конденсатором і опалюваним приміщенням: $\Delta T_k = 0$ ($T_{tg} = T_k$), тобто направити робочу речовину прямо в опалювальний прилад, проте в цьому випадку можуть не задовольнятися санітарні вимоги [12]. Робоча речовина повинна бути безпечною для людського здоров'я.

На рис. 4 зображено криві, які кількісно відображають вплив необоротностей при передачі теплоти на ефективність процесів у ТН. Значний вплив на $\eta_{31} = \eta_{32} \cdot \eta_{21}$ пов'язаний із різницею температур між гріючим теплоносієм і приміщенням ($\Delta T_{op} = T_{tg} - T_p$). Зміна ΔT_{op} від 10 К до 40 К приводить до зменшення коефіцієнта η_{31} удвічі.

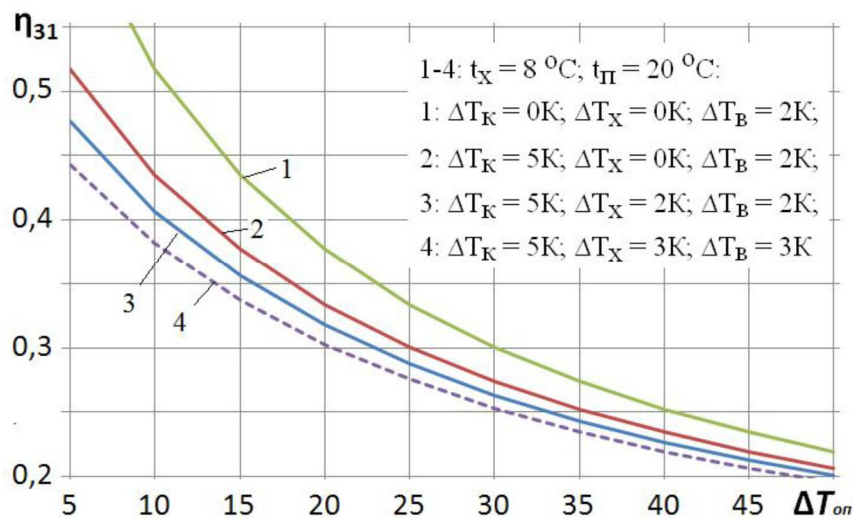


Рисунок 5.6 - Вплив основних необоротностей при передачі теплоти на ефективність процесів у ТН.

Величини ΔT_v і ΔT_k (див. рис. 5.5) у значній мірі визначаються конструктивними особливостями випарника та конденсатора і коливаються в межах від 1-2 К для сучасних пластинчастих теплообмінних апаратів до 20 К і вище для апаратів старих конструкцій. Сучасні конструкції теплообмінних апаратів (пластинчасті, трубчасті) у порівнянні з традиційними (кожухотрубними) характеризуються значно меншими значеннями температурних напорів ΔT_v і ΔT_k , проте більш високим гідравлічним опором. На основі узагальнення досвіду оптимізації та експлуатації теплообмінних апаратів вироблені

рекомендації по розрахункових температурних напорах [12, 13]. Зокрема, в сучасних пластинчастих водяних конденсаторах (вода – охолоджуюча речовина) $\Delta T_k = 2-5$ К, пластинчастих випарниках $\Delta T_v = 2-4$ К. В розрахунках даної роботи, як і в [13, 14], прийнято $\Delta T_v = 2$ К, а $\Delta T_k = 5$ К.

Для пояснення впливу температурного рівня процесів теплопередачі на втрати ексергії (П) від вкладу необоротної теплопередачі (ПДТ) і гідравлічного опору (ПДр) розглянемо елемент теплообмінника з двома підсистемами (гріючий потік речовини з температурою T_a і потік, що нагрівається, з T_b (рис. 5.7)).

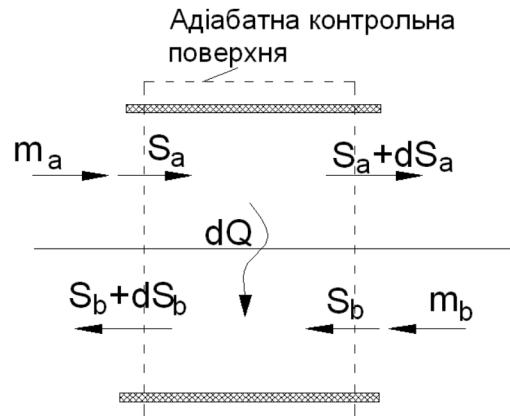


Рисунок 5.7 - Елемент теплообмінника.

За рівнянням Гюї-Стодоли потік витраченої ексергії визначається залежністю:

$$\delta P = T_o \delta S_H. \quad (5.6)$$

Породжений необоротностями потік ентропії δS_H з ентропійного балансу системи (див. рис. 5.7) дорівнює:

$$\delta S_H = dS_a + dS_b. \quad (5.7)$$

Зміни ентропії dS_a , dS_b гріючого (a) і того, що нагрівається (b), потоків виражаються з ентропійного балансу підсистем (a, b):

$$dS_a = -\frac{\delta Q}{T_a} + \frac{\delta Q_{ra}}{T_a}; \quad dS_b = \frac{\delta Q}{T_b} + \frac{\delta Q_{rb}}{T_b}. \quad (5.8)$$

Потік теплоти тертя (теплоти дисипації) δQ_r дорівнює потоку роботи тертя δL_r , яка в теплообмінних апаратах зв'язана із втратами тиску в процесі течії робочої речовини з тертям залежністю [15]:

$$\delta L_r = -v \cdot m \cdot dp \quad (dp < 0), \quad (5.9)$$

де m – витрата речовини;

v – питомий об'єм речовини.

Тоді для потоку втраченої ексергії в теплообмінному апараті можемо записати:

$$\begin{aligned} \delta \Pi &= T_o \delta S_n = \\ &= T_o \left(\underbrace{\frac{T_a - T_b}{T_a \cdot T_b} \cdot \delta Q}_{\text{Вклад необ. теплообміну}} - \underbrace{\frac{m_a \cdot v_a}{T_a} dp_a - \frac{m_b \cdot v_b}{T_b} dp_b}_{\text{Вклад гідрравлічного опору}} \right). \end{aligned} \quad (5.10)$$

З цього виразу випливає, що втрата ексергії через необоротну передачу теплоти і гідрравлічного тертя тим більша, чим нижчий температурний рівень у процесі. Звідси зміна ΔT_v в більшій мірі, ніж ΔT_k впливає на термодинамічну ефективність циклу η_{te} . Тому вибору величини ΔT_v , тобто вибору теплообмінного апарату для процесу підведення теплоти до робочої речовини від теплоносія з низькою температурою, необхідно приділяти підвищену увагу [12]. Як приклад, наведемо різниці температур у межах конденсатора і випарника старих конструкцій: за даними [16] різниця температур $\Delta T_k = T_k - T_{tg}$ у два рази вища, ніж різниця $\Delta T_v = T_{tx} - T_v$ ($\Delta T_k = 20$ К, $\Delta T_v = 10$ К), а в [17] $\Delta T_k = 19$ К, $\Delta T_v = 8$ К. В роботі [13] для теплообмінних апаратів сучасних конструкцій прийнято: $\Delta T_k = 5$ К, $\Delta T_v = 2$ К.

Цикл 4 (цикл Р.Планка [12]) – базовий цикл парокомпресорного теплового насоса з одноступінчастим стисненням робочої речовини по ізоентропі зі стану сухої насиченої пари (при тиску кипіння) і розширенням робочої речовини в дроселі зі стану насиченої рідини (при тиску конденсації). Тоді коефіцієнт η_{43} , який враховує втрати при дроселюванні і від перегріву стисненої пари в компресорі вище температури конденсації, залежить від термодинамічних властивостей робочої речовини. Порівняння значень η_{43} для різних робочих речовин дає первинну оцінку їх впливу на ефективність циклу [12, 13]. Розрахунок базового циклу 4 за відомими температурами випаровування ($t_v = 4^\circ\text{C}$) і конденсації t_k яку можна розрахувати як:

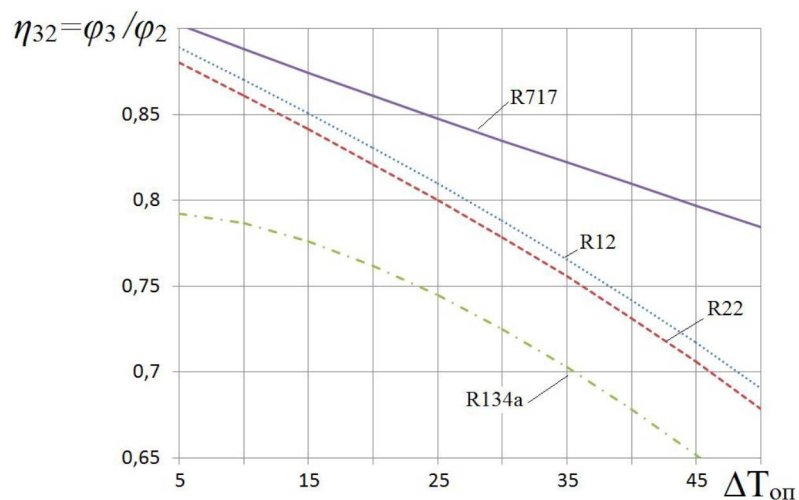


Рисунок 5.8 - Оцінка впливу термодинамічних властивостей робочої речовини на ефективність циклу ($t_p = 20^\circ\text{C}$, $t_v = 4^\circ\text{C}$, $\Delta t_k = 5$ К).

$$t_k = t_{\Pi} + \Delta t_{\text{оп}} + \Delta t_k \quad (5.11)$$

($\Delta t_{\Pi} = 20^{\circ}\text{C}$, $t_k = 5^{\circ}\text{C}$) виконувався за допомогою програмного забезпечення CoolPack 1.46 [12].
Із чотирьох однокомпонентних речовин, як видно з рис. 5.8, найкращі термодинамічні властивості у аміаку (R717). Коефіцієнт термодинамічної ефективності η_{43} у нього в порівнянні з R-134a вищий в 1,14 рази при $\Delta t_{\text{оп}} \leq 20^{\circ}\text{C}$ (низькоексергетичні опалювальні прилади) і в 1,25 при $\Delta t_{\text{оп}} \geq 40^{\circ}\text{C}$ (високотемпературні ОП).

5.2.2 Оцінка ефективності (COP, η_{ex} , $\eta_{\text{те}}$) дійсного циклу з урахуванням впливу гідравлічних опорів у випарнику та конденсаторі.

Цикл 5 ускладнений введенням гідравлічних опорів зі сторони робочої речовини, перегрівом її перед компресором і переохолодженням перед дроселем. На основі даних [13,14] коефіцієнт $\eta_{54} = \eta_{\text{гідр}}$ можна наближено прийняти рівним $\eta_{\text{гідр}} = 0,87-0,9$, при цьому:

$$\eta_{54} = \frac{\varphi_5}{\varphi_4} = \frac{h_2 - h_1}{h_2 - h_3} \cdot \frac{h_{5s} - h_3}{h_{5s} - h_4} \quad (5.12)$$

Як правило, гідравлічні опори в парокомпресорних теплових насосах старих конструкцій були незначними, у зв'язку з чим традиційно не враховувалися при термодинамічному аналізі [12]. Цикл 6 – дійсний цикл теплового насоса з необоротністю в процесі стиснення. Ця необоротність описується ізоентропним ККД компресора η_s . Коефіцієнт термодинамічної ефективності η_{65} визначається таким співвідношенням:

$$\eta_{65} = \eta_{\text{ком}} = \frac{\varphi_6}{\varphi_5} = \frac{h_6 - h_3}{h_6 - h_5} \cdot \frac{h_{6s} - h_5}{h_{6s} - h_3} = \eta_s \cdot \frac{h_6 - h_3}{h_{6s} - h_3} \quad (5.13)$$

Термодинамічна ефективність компресора вища, ніж ізоентропна η_s , оскільки необоротність процесу в компресорі збільшує кількість корисної теплоти ($q_{6-3} > q_{6s-3}$).

COP дійсного циклу можна визначити за результатами обчислень COP базового циклу φ_4 і відомими дослідними даними $\eta_{\text{гідр}}$ і η_s . Для цього вихідний вираз для φ_6 запишемо у такому вигляді:

$$\varphi_6 = \varphi_5 = \frac{q_{6-3}}{l_{5-6}} = \frac{q_{6s-3} + \Delta h}{l_{5-6s} + \Delta h} \quad (5.14)$$

де $\Delta h = h_6 - h_{6s}$;

Враховуючи, що:

$$q_{6s-3}/l_{5-6s} = \varphi_5; \quad (5.15)$$

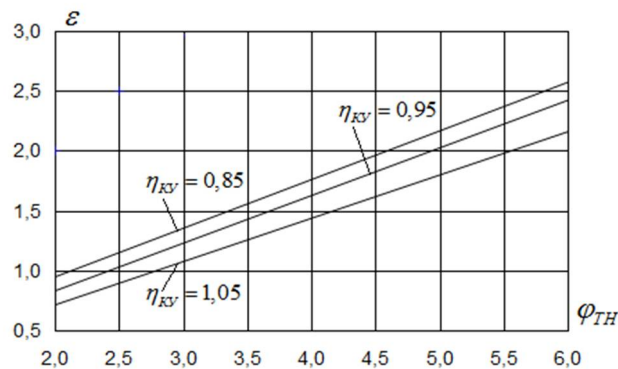
$$\varphi_5 = \varphi_4 \cdot \eta_{зідр}; \quad (5.16)$$

$$l_{5-6з}/l_{5-6} = \eta_z \quad (5.17)$$

Одержуємо:

$$\varphi_6 = 1 + \eta_z \cdot (\varphi_4 \cdot \eta_{зідр} - 1). \quad (5.18)$$

Дійсний цикл – необоротний як внутрішньо (гідравлічне тертя в усіх елементах), так і зовнішньо (кінцева різниця температур між робочим тілом і проміжними теплоносіями). Середня температура нижнього теплоносія, який подається у випарник, $T_{тх}$, верхнього, який подається в конденсатор, $T_{тг}$. Ексергетичний ККД циклу можна визначити за рівнянням (2), прийнявши в ньому $T_{г} = T_{тг}$, а $T_{х} = T_{тх}$. Відповідний цикл Карно буде мати температури проміжних теплоносіїв $T_{тх}$, $T_{тг}$, тому коефіцієнт термодинамічної ефективності реального циклу дорівнює відношенню $\eta_{те} = \varphi_3/\varphi_2$ (див. рис. 5.4). Графіки основних показників ефективності циклу $TН \varphi$, $\eta_{ех}$ і $\eta_{те}$ наведено на рис. 5.9.



Рисинок 5.9 - Залежність коефіцієнта економії палива ε від $\varphi_{ТН}$ та $\eta_{кот}$

5.3 Висновок з розділу

Застосування теплонасосної установки може підвищити ефективність використання первинної електроенергії і зекономити додаткові кошти, але необхідно зважати на коефіцієнт перетворення проектованої установки в розрахункових режимах.

6 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛООБМІНУ В НАГРІВАЛЬНОМУ ПРИЛАДІ

6.1 Постановка задачі

Ціль роботи: дослідити вплив температурного графіку на теплову потужність та еквівалентну опалювальну площу секційного чавунного радіатора MC-140 M2-500.

6.2 Етапи проведення роботи

Розробка геометричної моделі секційного чавунного радіатора MC-140 M2-500;

Дослідження роботи радіатора на температурному графіку 90/70 °C;

Дослідження роботи радіатора на температурному графіку 80/60 °C;

Дослідження роботи радіатора на температурному графіку 70/50 °C;

Висновок.

6.3 Конструкція та опис роботи секційного чавунного радіатора

MC-140 M2-500 – секційний чавунний радіатор, що застосовується в багатьох будівлях радянського періоду. Конструкція радіатора дозволяє варіювати тепловою потужністю опалювального приладу за рахунок зміни кількості секцій.

Даний радіатор є опалювальним приладом конвективно-радіаційного типу. Зазвичай радіатори даної серії віддають лише 25% теплового потоку опроміненням, а решту конвекцією і іменуються радіаторами лише номінально.

Кожна секція має по 2 отвори з кожного боку. При компонуванні радіатора відповідні отвори суміщаються утворюючи верхній та нижній колектор радіатора. Отвори в крайніх секціях слугують, як точки підключення радіатора.

Переваги чавунних радіаторів MC-140 M2-500:

- висока корозійна стійкість;
- невимогливі до якості теплоносія;
- стійкі до гідравлічних ударів;
- не дорогі.

Таблиця. 6.1 – Технічні характеристики секції радіатору MC-140 M2-500

Модель	Міжосьова відстань, мм	Габарити			Площа поверхні секції, м ²	Теплова потужність за н.у., Вт	Об'єм, л	Маса, кг
		Ширина, мм	Глибин а, мм	Висот а, мм				
MC-140 M2-500	500	94	140	580	0,3	160	1,45	6,65

6.4 Розробка геометричної моделі

Як було зазначено вище радіатор MC-140 M2-500 утворюється за рахунок комбінування відповідних секцій між собою. Для даної роботи побудуємо 5-ти секційний радіатор (див. рис. 6.1) побудований згідно до геометричних характеристик наведених в табл. 6.1.

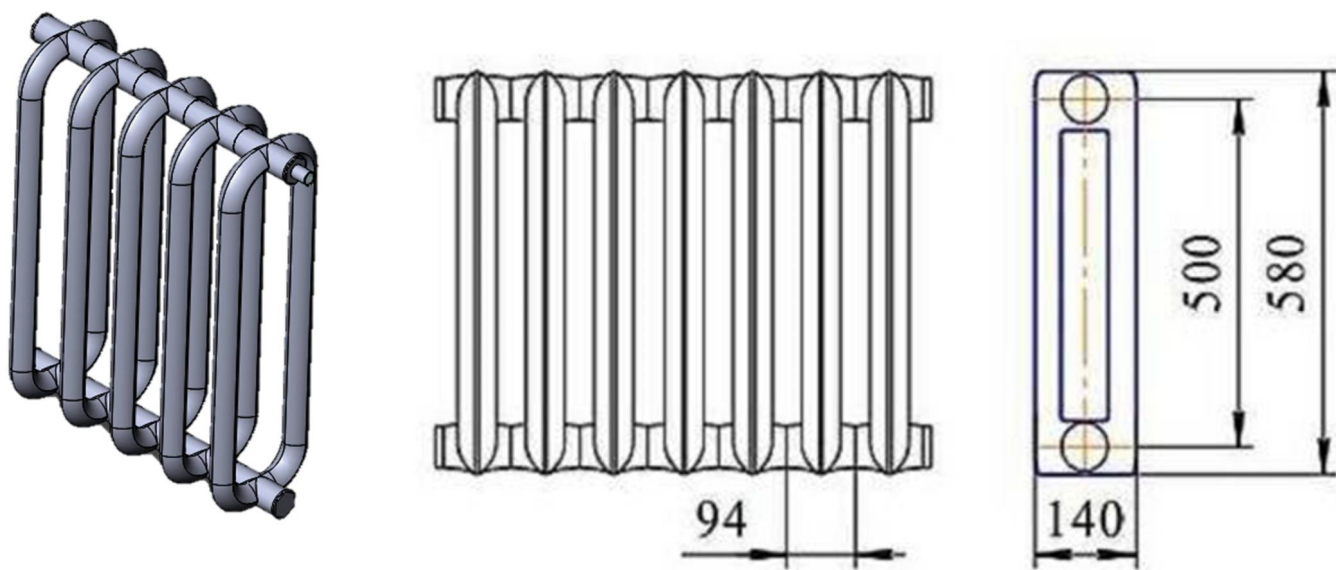


Рисунок 6.1 - Радіатор MC-140 M2-500

6.5 Дослідження роботи радіатора на температурному графіку 90/70

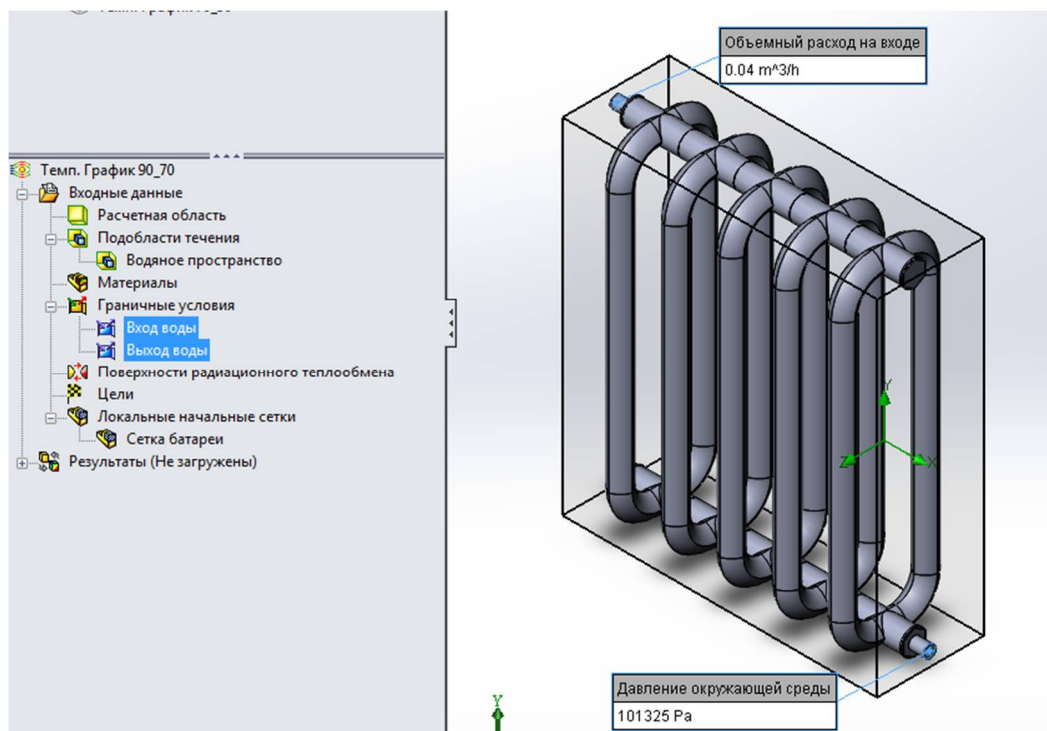


Рисунок 6.2 - Граничні умови дослідження для температурного графіку 90/70

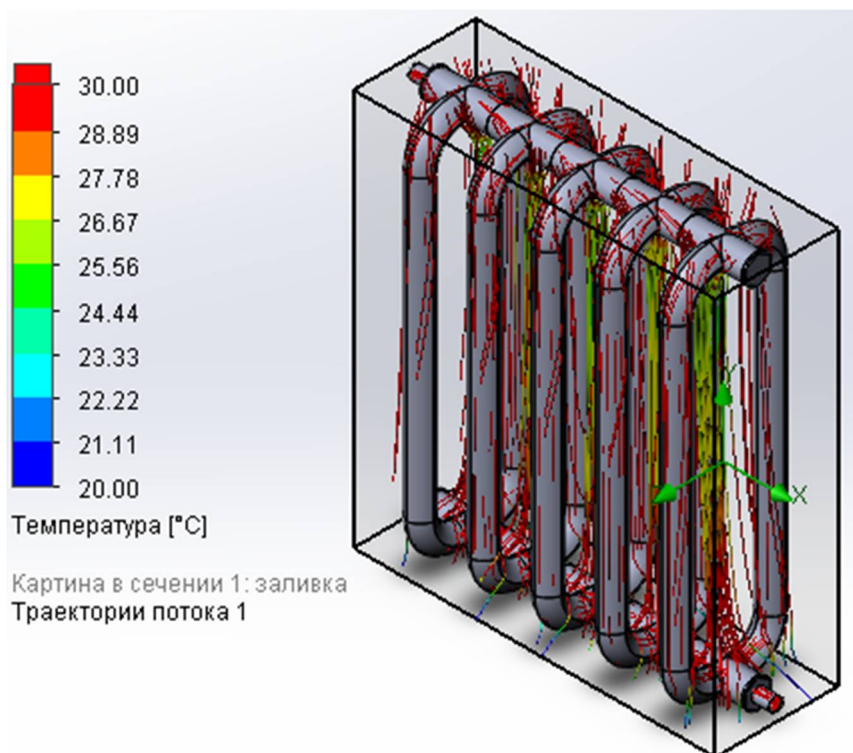


Рисунок 6.3 - Температурне поле повітряного потоку для температурного графіку 90/70

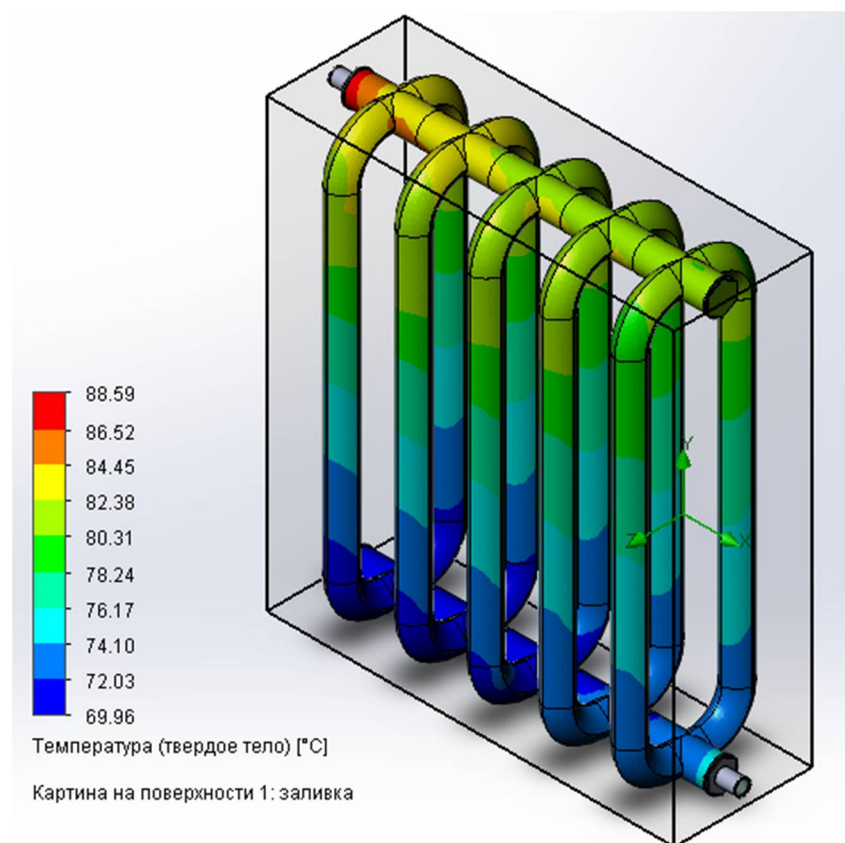


Рисунок 6.4 - Температурное поле поверхности на батарее для температурного графика 90/70

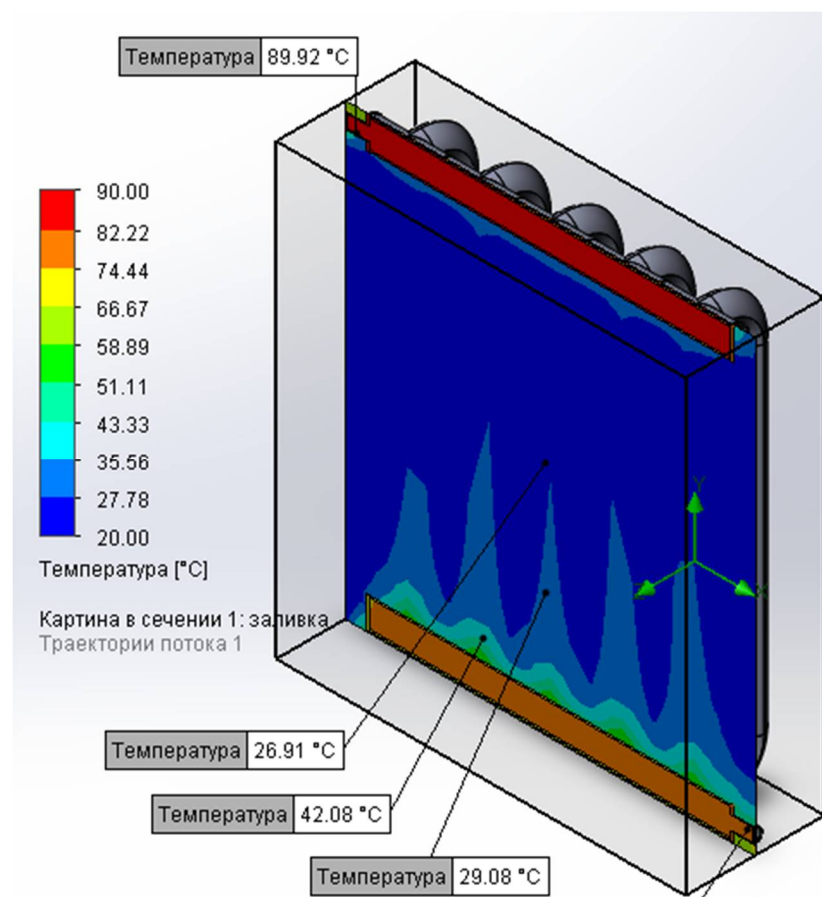


Рисунок 6.5 - Температурное поле в поперечном разрезе батареи для температурного графика 90/70

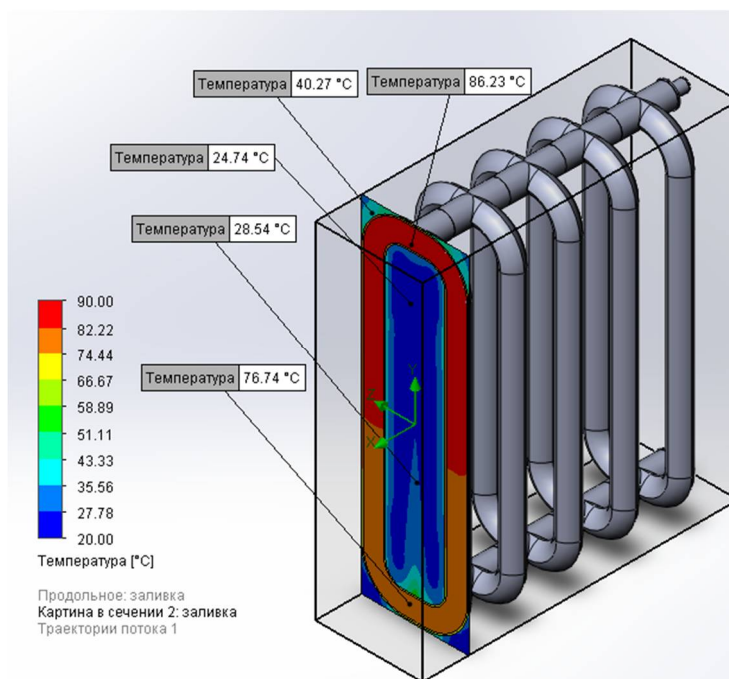


Рисунок 6.6 - Температурне поле в поперечному розрізі батареї для температурного графіку 90/70

Таблиця.6.2 – Результати розрахунку для температурного графіку 90/70

Температурний графік	Тепловий потік радіатора, Вт	Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/ м ² К	Еквівалентна опалювальна площа, м ²
90/70	561,4	10,47	2,58

6.6 Дослідження роботи радіатора на температурному графіку 80/60

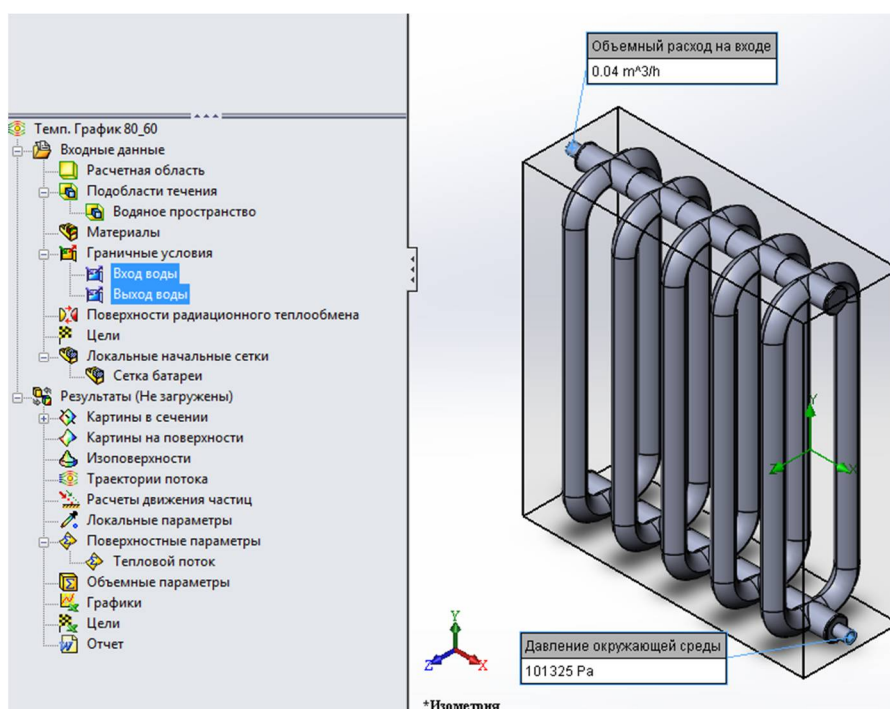


Рисунок 6.7 - Граничні умови дослідження для температурного графіку 80/60

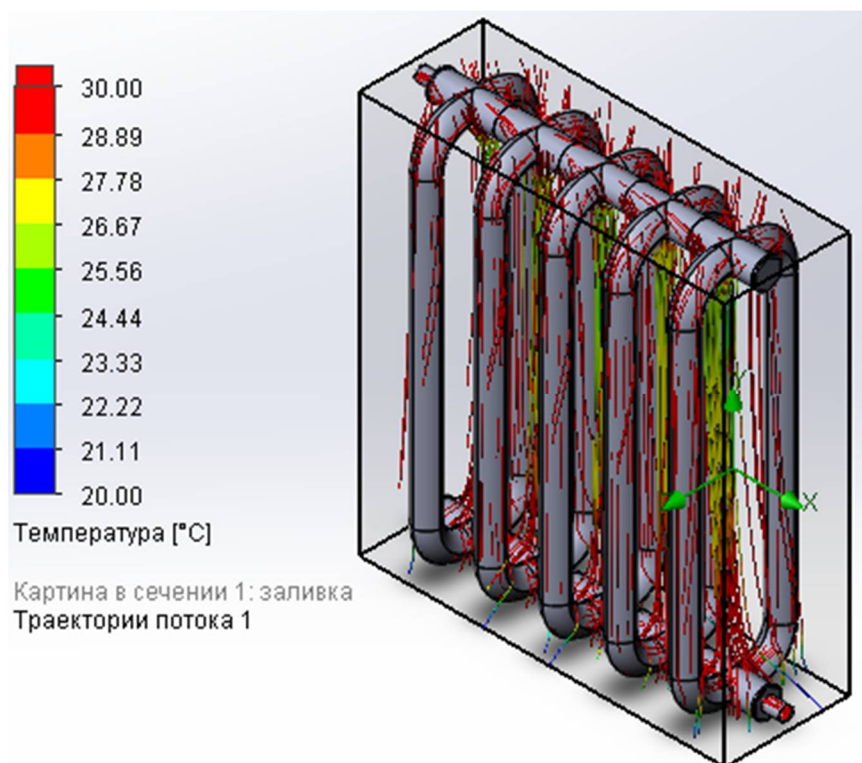


Рисунок 6.8 - Температурне поле повітряного потоку для температурного графіку 80/60

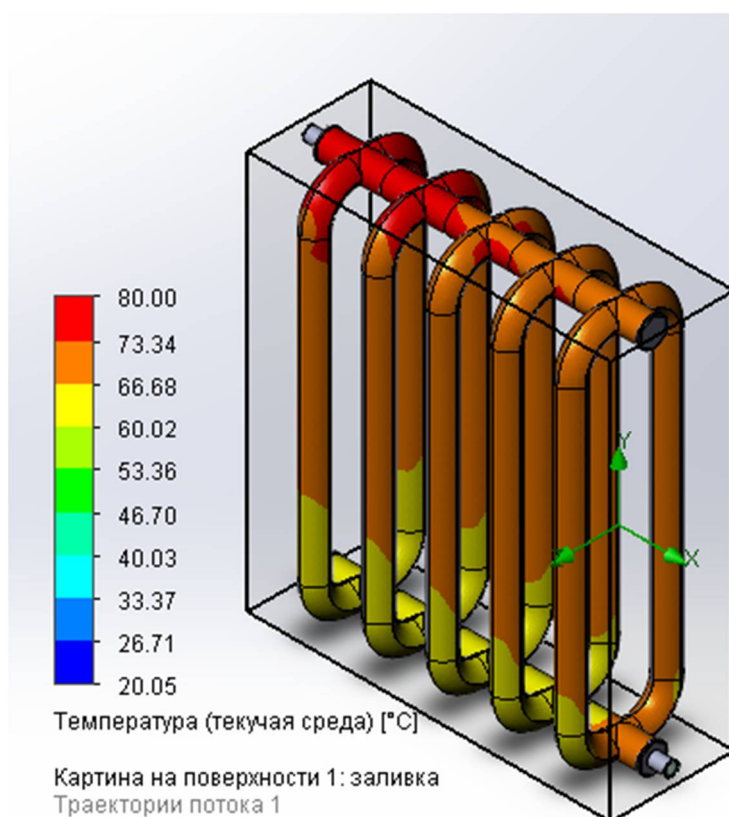


Рисунок 6.9 - Температурне поле поверхні на батареї для температурного графіку 80/60

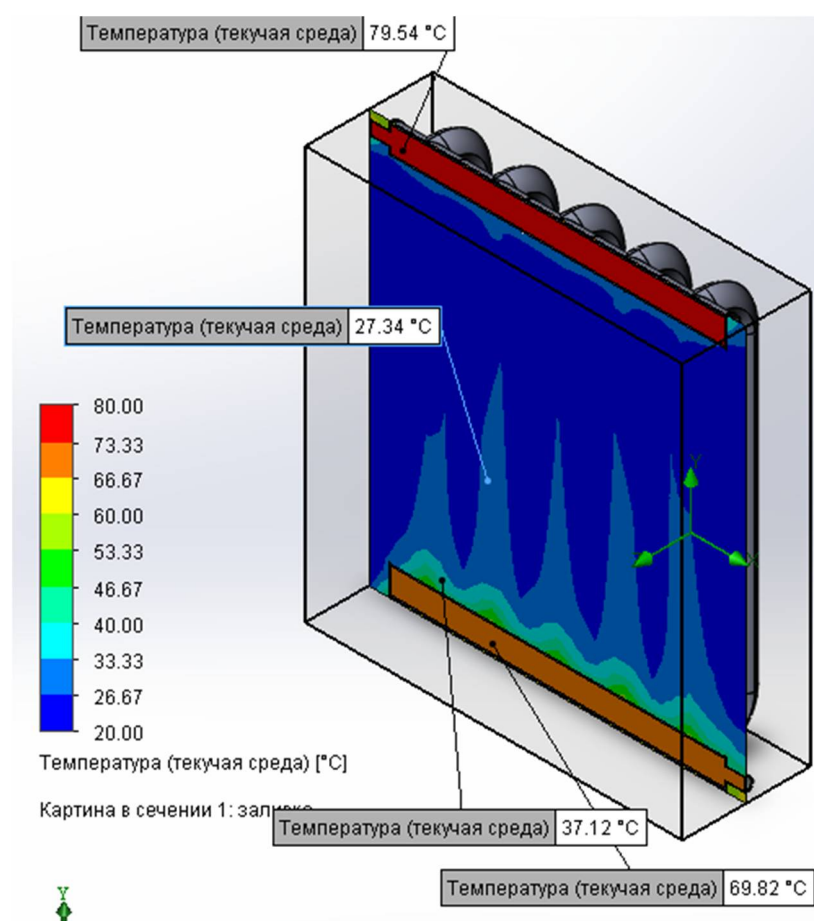


Рисунок 6.10 - Температурне поле в поздовжньому розрізі батареї для температурного графіку 80/60

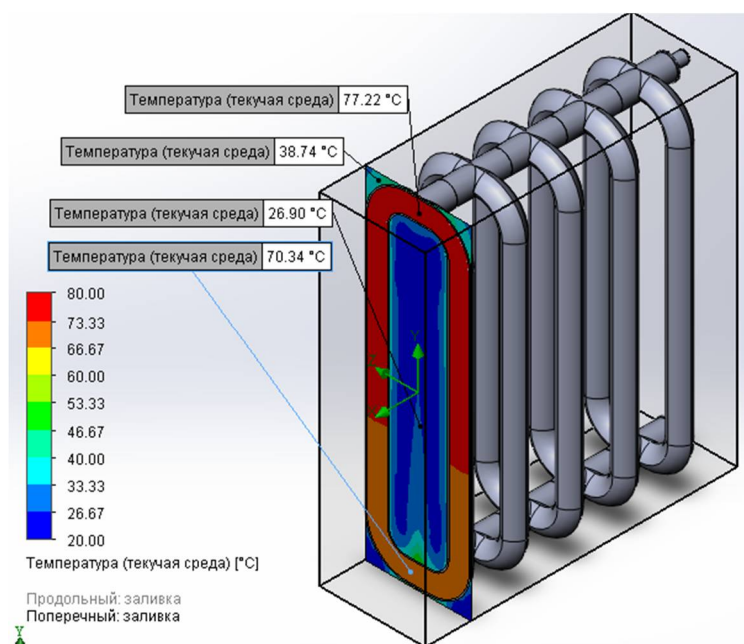


Рисунок 6.11 - Температурне поле в поперечному розрізі батареї для температурного графіку 80/60

Таблица.6.3 – Результаты розрахунку для температурного графіку 80/60

Температурний графік	Тепловий потік радіатора, Вт	Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/ м ² К	Еквівалентна опалювальна площа, м ²
80/60	412,9	10,18	2,16

6.7 Дослідження роботи радіатора на температурному графіку 70/50

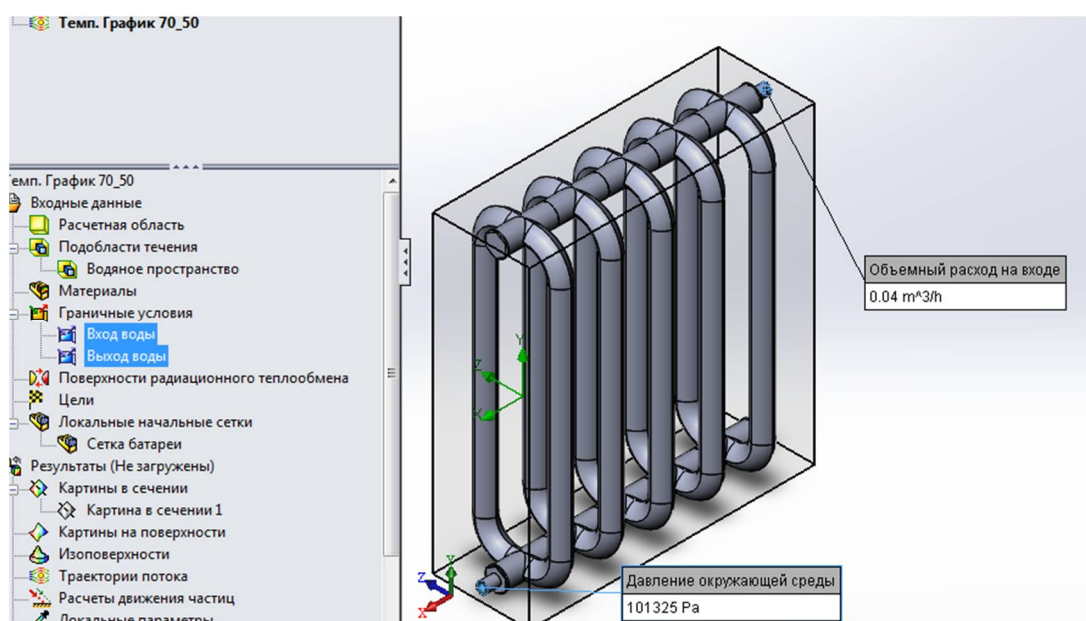


Рисунок 6.12 - Граничні умови дослідів для температурного графіку 70/50

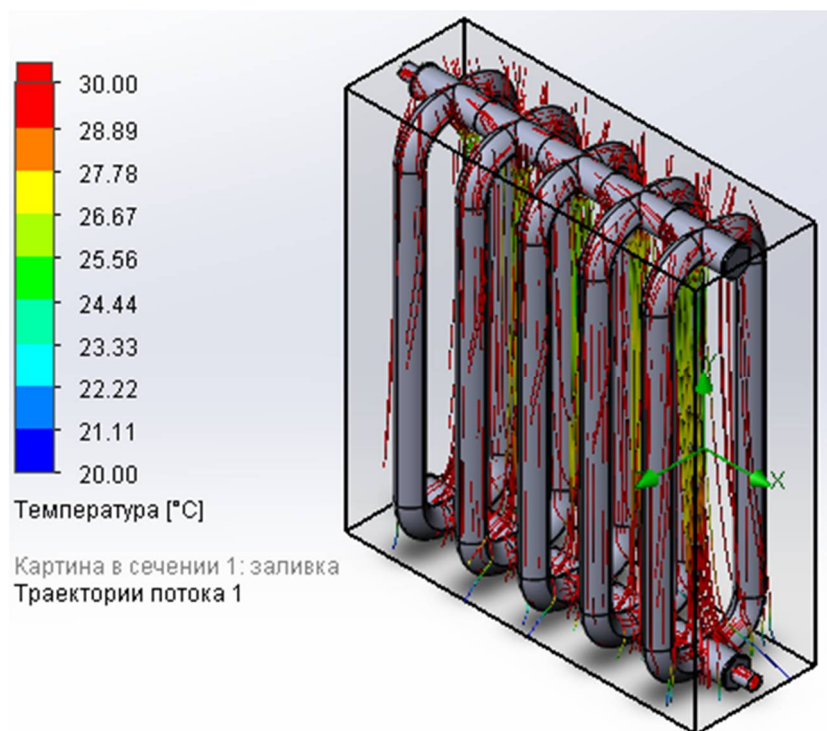


Рисунок 6.13 - Температурне поле повітряного потоку для температурного графіку 70/50

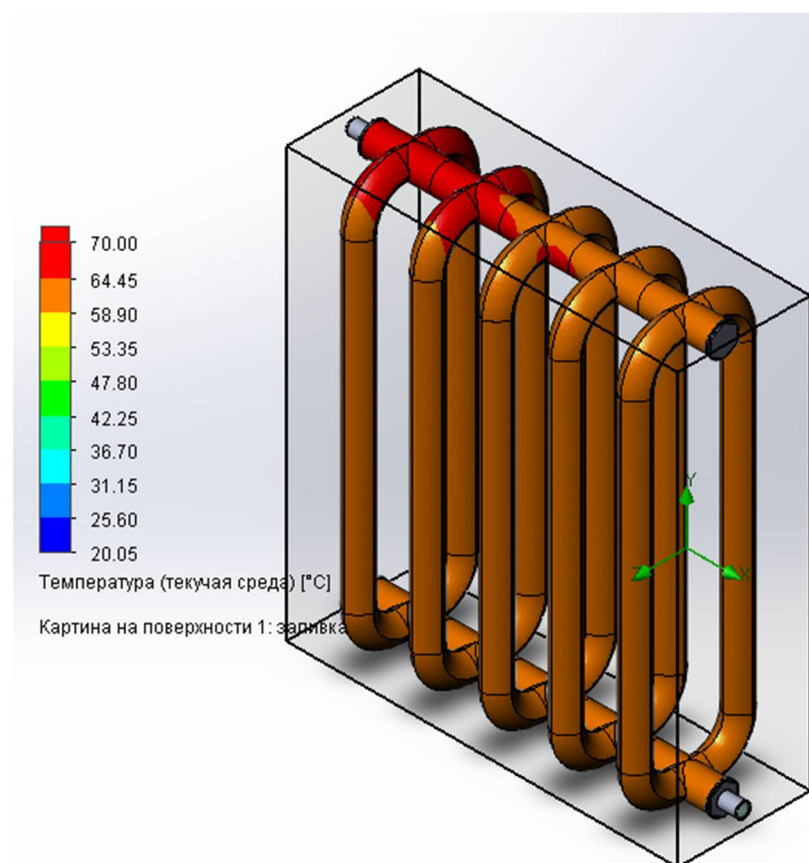


Рисунок 6.14 - Температурне поле поверхні на батареї для температурного графіку 70/50

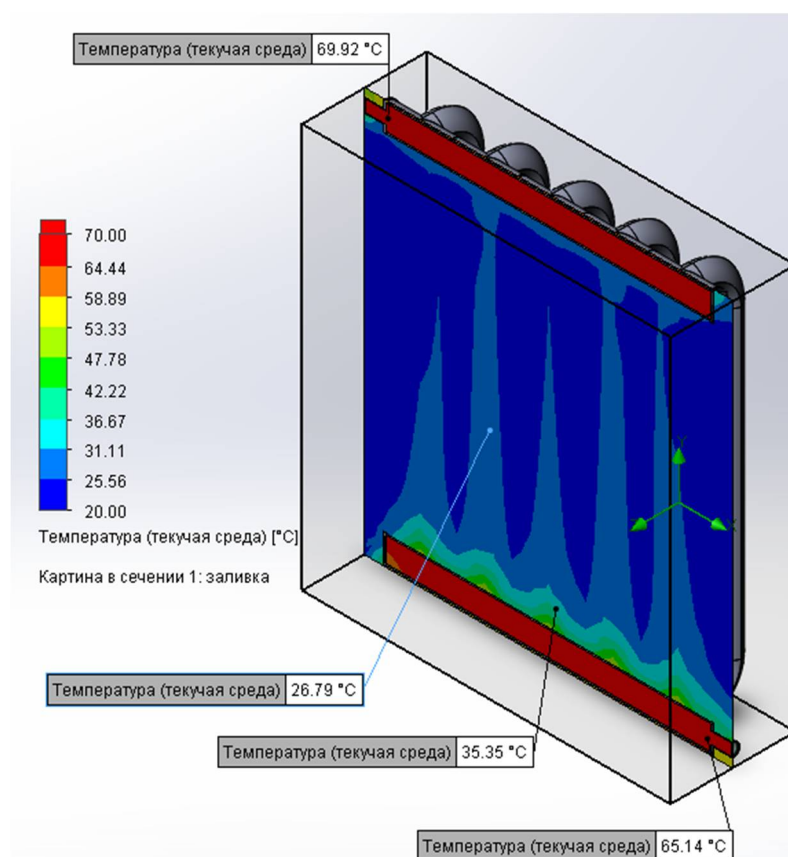


Рисунок 6.15 - Температурное поле в позадвном розрізі батареї для температурного графіку 70/50

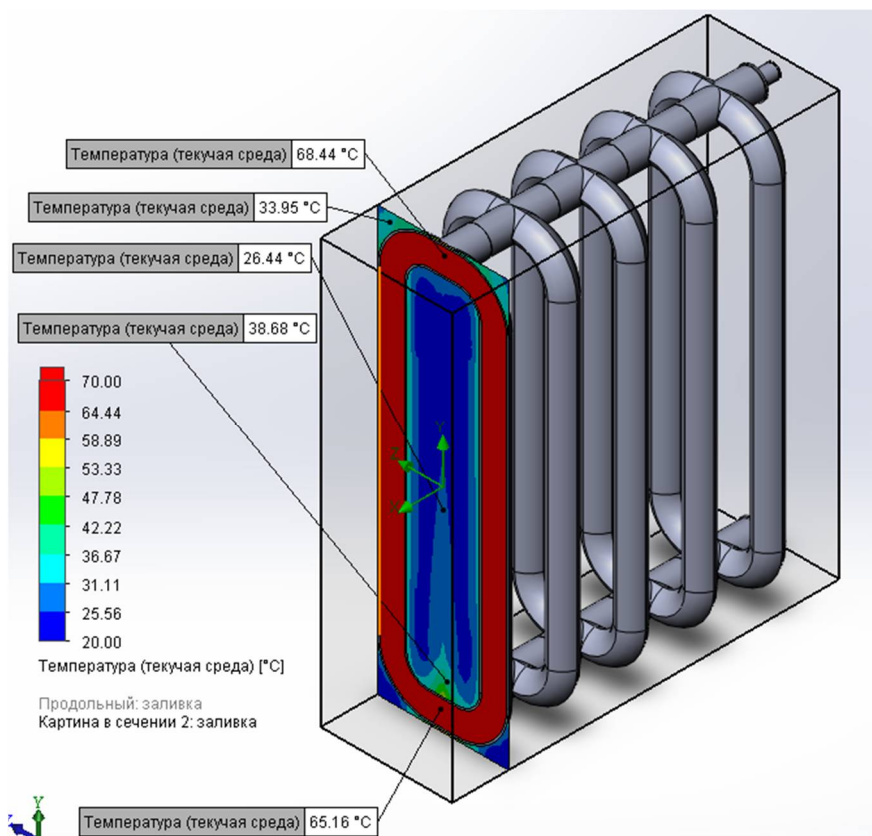


Рисунок 6.16 - Температурное поле в поперечном розрізі батареї для температурного графіку 70/50

Таблиця.6.4 – Результати розрахунку для температурного графіку 70/50

Температурний графік	Тепловий потік радіатора, Вт	Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/ м ² К	Еквівалентна опалювальна площа, м ²
70/50	289,7	9,9	1,81

6.8 Аналітичний розрахунок

Для верифікації отриманих даних фізичного моделювання проведемо аналітичний розрахунок за формулами наведеними заводом виготовлювачем:

$$Q_c = Q_{н.у.} \cdot \left(\frac{\bar{t}_в - t_{пов}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G}{360} \right)^P \cdot b \cdot \varphi \cdot c, \quad (6.1)$$

$$\bar{t}_в = (t_{вх} + t_{вих}) \cdot 0,5, \quad (6.2)$$

$$Q_{рад} = Q_c \cdot N, \quad (6.3)$$

де Q_c – тепловий потік однієї секції радіатора за фактичними умовами, Вт;

$Q_{н.у.}$ – тепловий потік від радіатора за н.у., Вт;

$\bar{t}_в$ – середня температура води в радіаторі, °С;

$t_{вх}$ – температура води на вході в радіатор, °С;

$t_{вих}$ – температура води на виході з радіатора, °С;

$t_{пов}$ – температура навколишнього повітря, °С;

G – витрата теплоносія в радіаторі, кг/год;

n, P, c – числові коефіцієнти;

b – коефіцієнт, що враховує атмосферний тиск в місці встановлення радіатора;

φ – коефіцієнт, що враховує напрямок руху теплоносія;

$Q_{рад}$ – тепловий потік від радіатора за фактичними умовами, Вт;

N – кількість секцій.

Похибку фізичного моделювання розрахуємо за формулою:

$$\delta = \frac{Q_{рад} - Q_{мод}}{Q_{рад}} \cdot 100, \quad (6.4)$$

де $Q_{мод}$ – тепловий потік радіатора згідно даним моделювання, Вт;

6.8.1 Аналітичний розрахунок роботи радіатора на графіку 90/70

Середня температура води в батареї:

$$\bar{t}_B = (90 + 70) \cdot 0,5 = 80 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Тепловий потік однієї секції :

$$Q_c = 160 \cdot \left(\frac{80 - 20}{70} \right)^{1+0,3} \cdot \left(\frac{38,9}{360} \right)^{0,02} \cdot 1 \cdot 0,93 \cdot 1,039 = 120,9 \text{ Вт}$$

Тепловий потік від радіатора :

$$Q_{\text{рад}} = 120,9 \cdot 5 = 604,5 \text{ Вт}$$

Похибка моделювання:

$$\delta = \frac{604,5 - 561,4}{604,5} \cdot 100 = 7,13 \%$$

6.8.2 Аналітичний розрахунок роботи радіатора на графіку 80/60

Середня температура води в батареї:

$$\bar{t}_B = (80 + 60) \cdot 0,5 = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Тепловий потік однієї секції :

$$Q_c = 160 \cdot \left(\frac{70 - 20}{70} \right)^{1+0,3} \cdot \left(\frac{38,9}{360} \right)^{0,02} \cdot 1 \cdot 0,93 \cdot 1,039 = 95,4 \text{ Вт}$$

Тепловий потік від радіатора :

$$Q_{\text{рад}} = 95,4 \cdot 5 = 477,2 \text{ Вт}$$

Похибка моделювання:

$$\delta = \frac{477,2 - 412,9}{477,2} \cdot 100 = 13,47 \%$$

6.8.3 Аналітичний розрахунок роботи радіатора на графіку 70/50

Середня температура води в батареї:

$$\bar{t}_B = (70 + 50) \cdot 0,5 = 60 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Тепловий потік однієї секції :

$$Q_c = 160 \cdot \left(\frac{60 - 20}{70} \right)^{1+0,3} \cdot \left(\frac{38,9}{360} \right)^{0,02} \cdot 1 \cdot 0,93 \cdot 1,039 = 71,4 \text{ Вт}$$

Тепловий потік від радіатора :

$$Q_{\text{рад}} = 71,4 \cdot 5 = 357 \text{ Вт}$$

Похибка моделювання:

$$\delta = \frac{357 - 289,7}{357} \cdot 100 = 18,85 \%$$

6.9 Висновки з розділу

1. При зниженні температурного графіку, за умови незмінної витрати теплоносія та температурного перепаду, тепловий потік та еквівалентна опалювальна площа радіатора знижується;
2. Фізичне моделювання в середовищі SolidWorks дозволяє отримати результати з точністю, що достатня для технічних розрахунків;
3. При проведенні розрахунків для більш низьких графіків похибка моделювання зростає.

7 СТАРТАП ПРОЕКТ: «ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ БУДИНКУ З ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕПЛОНАСОСНОЇ УСТАНОВКИ»

7.1 Резюме проекту

Запропоновано провести термомодернізацію існуючої системи теплопостачання житлового будинку з заміною існуючого обладнання на сучасну вискоефективну теплонасосну установку. Як правило вітчизняні будівлі коттеджного типу мають теплопостачання від індивідуальної котельні обладнаної газовим котлом.

Ми пропонуємо встановити паралельно до котла теплонасосну установку, що буде працювати в перехідні періоди опалювального сезону. Оскільки в перехідні періоди не має необхідності в підтримуванні високої температури в подавальному трубопроводі теплонасосна установка буде працювати з достатньо високим ККД, що дозволить суттєво зекономити кошти мешканців житлового будинку. В холодні дні теплопостачання буде здійснено від котелів.

7.2 Автори проекту

В таблиці №7.1 – Автори проекту, наведені всі автори, що беруть участь у проекті:

Таблиця 7.1 – Автори проекту

Прізвище, ім'я, по батькові	Місце роботи (для студентів – факультет, група), адреса ел. пошти	Підпис
Очеретянко Микита Дмитрович	НТУУ «КПІ» ТЕФ, ТП-61м, магістрант, nikita.ocheretyanko@gmail.com	
Соломаха Андрій Сергійович	НТУУ «КПІ» імені І.Сікорського, ТЕФ, к.т.н., as_solomaha@ukr.net	

7.3 Види та спрямованість проекту

7.3.1 Вид проекту

Вид проекту – це дослідно технологічна робота. Досліджувалась можливість термомодернізації існуючої системи теплопостачання будинку коттеджного типу.

7.3.2 Спрямованість проекту

Проект спрямований на економію енергоресурсів, адже теплонасосна установка дозволяє з користю використовувати енергію навколишнього середовища.

7.4 Аналіз ідеї проекту

7.4.1 Зміст ідеї

В таблиці №7.2 – Аналіз ідеї проекту, наведено основні ідеї та напрямки, а також вигода для користувача:

Таблиця 7.2 – Аналіз ідеї проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Запропоновано застосовувати теплонасосну установку паралельно до існуючого котла. Це дозволить економити кошти в перехідні періоди опалювального сезону коли нема необхідності в значному підвищенні теплового потенціалу теплоносія в системі опалення.	1.Приватні житлові будинки (система опалення)	Економія первинних енергоресурсів за незмінного рівня комфорту.
	2. Заклади готельно-ресторанного господарства (система опалення)	Підтримання якості продукції за рахунок витримування температурного режиму.
	3. Адміністративні будівлі	Економія первинних енергоресурсів за незмінного рівня комфорту.

7.5 Визначення характеристик ідеї проекту.

В таблиці №7.3– Характеристики ідеї проекту, наведено сильні та слабкі сторони у порівнянні з найближчими конкурентами:

Таблиця 7.3 - Характеристики ідеї проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	Продукція конкурентів				W	N	S
	Мій проект	Кон-т 1 (зазначити)	Кон-т 2 (зазначити)	Кон-т 3 (зазначити)			
1 Встановлення індивідуальних котельнь з стандартних елементів заводського виготовлення	Встановлення комбінованих індивідуальних котельнь з використанням теплонасосних установок для економії тепло споживання в перехідні періоди	ООО «ИНТЕКС ХОЛДИНГ УКРАИНА»	ООО «МЕРК-ИНЖИНИРИНГ»	ООО «МАСТЕР С ГРУП»	-	-	+
2.Централізоване тепlopостачання	Створення труб різноманітних діаметрів та конфігурацій	ПАТ “Киевэнерго”	РК “Голосієво”	РК “Печерськ”	-	-	+

7.6 Технологічний аудит ідеї проекту.

Проводиться аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту (технології створення товару, надання послуги).

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових (таблиця 7.4):

- за якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?
- чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/доробити?
- чи доступні такі технології авторам проекту?

Таблиця 7.4 - Технологічний аудит ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Встановлення комбінованих індивідуальних котельнь з використанням теплонасосних установок для економії тепло споживання в перехідні періоди	Проектування об'єкта і його монтаж	Наявна	Доступна авторами проекту

Технологія проектування та монтажу досліджена авторами проекту і може бути використана для реалізації бізнес плану.

7.7 Аналіз ринкових можливостей запуску проекту

7.7.1 Характеристика потенційних споживачів.

Визначається характеристика потенційного споживача проекту

Таблиця 7.5 - Характеристика потенційного споживача

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Особливості поведінки споживачів	Вимоги споживачів до товару
Потреба в економії енергоресурсів	Власники дач, маєтків, підприємства м'ясо-молочної промисловості, птахофабрики.	Споживачі зацікавлені економити власні кошти та дбати про екологію.	Екологічність, дешевизна, висока якість.
Потреба в дешевому зберіганні продуктів, харчові цілі	Готельно-ресторанний бізнес, підприємці, логістика харчових продуктів	Споживачі зацікавлені в зберіганні якості продуктів	Екологічність, дешевизна, висока якість.

7.7.2 SWOT-аналіз проекту

Перелік сильних та слабких сторін проекту Таблиця 7.6.

Таблиця 7.6 - Аналіз сильних та слабких сторін проекту

Сильні сторони (S): Доступність матеріалів, економія енергоресурсів, ноу-хау, монопольність на ринку, висока якість продукції	Слабкі сторони (W): Пошук споживачів продукції.
Можливості (O): Удосконалення способів, розширення ринку	Загрози (T): Відсутність ринку

7.7.3 Оцінка ризиків проекту

На основі проведеного SWOT-аналізу виділяються найзагрозливіші (не більше 5-ти), якими необхідно управляти для того, щоб реалізація проекту стала можливою. Експертним шляхом визначаються параметри ризику:

Таблиця 7.6 - Аналіз сильних та слабких сторін проекту

Найменування ризику	Міра ризику	Рівень ризику	Метод мінімізації
Відсутність ринку	висока	високий	Виділення коштів на рекламу
Холодна зима	середня	середня	Пошук інших ринків

7.8 Обґрунтування економічних параметрів проекту

7.8.1 Визначення ціни

Експертним методом визначається ціна продукції з огляду на ціни на товари-аналоги або товари субститути, а також рівень доходів цільової групи споживачів (таблиця 7.7).

Таблиця 7.7 – Визначення ціни проекту

Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на продукцію	Розрахункова ціна продукції
13 800 грн/1м ²	-	Вище середнього	1000 - 2000 грн/1м ² .	18000 грн/1м ² .

7.8.2 Визначення обсягу виробництва продукції.

Експертним методом визначається обсяг виробництва продукції з огляду на ціни на товари-аналоги або товари субституту, а також рівень доходів цільової групи споживачів (таблиця 7.9).

Таблиця 7.9 – Визначення обсягу виробництва продукції

Показник	Значення по роках			
	2018	2019	2020	2021
Загальна потреба в продукції, тис. чол.	1	1,5	3	5
Можливі річні обсяги випуску в натуральних показниках, об'єктів	12	14	15	22
Ціна одиниці продукції (тис. грн.)	250	265	270	300
Річні обсяги випуску в вартісних показниках (тис. грн.)	3000	3710	4050	6600

7.9 Планування проекту

7.9.1 Розрахунок загальних початкових інвестиційних витрат

Визначаються першочергові витрати, необхідні для запуску проекту – ті, що передують основній діяльності та мають бути понесені для її реалізації.

Таблиця 7.10 – Планування проекту

Назва етапу	Строки виконання	Обсяги фінансування, тис. грн.
Придбання устаткування	1 тиждень	45
Пусконаладжувальні роботи	3 тижня	3
Витрати на управління	2 тижня	5
Початкові виробничі витрати	1 тиждень	5
Інші витрати	1 тиждень	5
Разом	2 місяці	63

7.9.2 Розрахунок виробничих витрат

Визначаються витрати, необхідні для реалізації поточної діяльності за проектом (виробництво продукції, надання послуг тощо).

Таблиця 7.11 – Розрахунок виробничих витрат

7.10 Розрахунок загальних витрат на реалізацію проекту по роках

Стаття витрат	Сукупні витрати за період, тис. грн.			
	2018	2019	2020	2021
Загальногосподарські витрати	35,5	38,1	46,4	51,5
витрати на оренду	25	25	30	32
витрати на зв'язок	3	3,5	4	4
витрати на паливо та електроенергію	0,5	0,8	1	1,5
витрати на водопостачання	1	1,3	1,6	2
витрати на збут	1	1,3	1,8	2
витрати на просування та рекламу	5	7	8	10
витрати на оплату праці	32	36	40	44
адміністративного персоналу	16	18	20	22
промислово-виробничого персоналу	16	18	20	22
Разом:	67,5	74,1	86,4	95,5

Таблиця 7.12 – Розрахунок загальних витрат на реалізацію проекту по роках

Показник	Значення по роках				Разом
	2018	2019	2020	2021	
Інвестиційні витрати (п. 8.1)	63	-	-	-	63
Виробничі витрати (п. 8.2)	67,5	74,1	86,4	95,5	323,5
Обсяг загальних витрат, в тому числі за рахунок	130,5	74,1	86,4	95,5	386,5
- власних коштів	-	-	-	-	-
- кредиту	-	-	-	-	-
- коштів інвестора	130,5	74,1	86,4	95,5	386,5

7.11 Прогнозування фінансово-економічної ефективності проекту

7.11.1 Визначення терміну окупності проекту

Проект за визначених показників окупиться не більш як через 3 роки після початку його впровадження.

7.11.2 Формування грошового потоку від реалізації проекту.

Чистий дисконтований дохід (NPV, Net Present Value) – це різниця між надходженнями за весь період інноваційного проекту та інвестиціями в проект.

Таблиця 7.13 - Формування грошового потоку від реалізації проекту

Показник	Значення по роках				Разом
	2018	2019	2020	2021	
Надходження від проекту (виручка від реалізації продукції, послуг , див. п. 7.2) (D)	72	100	150	195	517
Загальні витрати (див. п. 8.3) (I), в тому числі	130,5	74,1	86,4	95,5	386,5
Грошовий потік (3 = 1 – 2) (CF)	- 58,5	25,9	63,6	99,5	(NPV)
Акумуляований грошовий потік (ACF)	-58,5	-32,6	31	130,5	-

NPV = 130,5 > 0, тобто можна зробити висновок, що проект інвестиційно привабливий.

7.11.3 Розрахунок індексу рентабельності інвестицій в проект

(ROI, Return On Investment) характеризує рівень грошового потоку, що припадає на одиницю інноваційних витрат і обчислюється за формулами:

$$ROI = \sum_T D_t / \sum_T I_t,$$

$$ROI = \frac{517}{386,5} = 1,34$$

ROI > 1 – інноваційний проект доцільно прийняти.

7.12 Висновок про комерційну, технологічну, фінансово-економічну ефективність проекту

Економія енергоресурсів та екологічність - ті критерії, які роблять даний проект привабливим для інвестора.

8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Правильна організація роботи з охорони праці має першорядне значення для підвищення продуктивності праці, ліквідації причин нещасних випадків, попередження травматизму, загальних і професійних захворювань на виробництві.

У даній дипломній роботі розглянуто роботу водогрійної котельні та тепло насосної установки. Дане обладнання призначене для забезпечення тепловими навантаженням системи опалення, гарячого водопостачання.

Даний проект виконаний на підставі архітектурно-будівельних і тепломеханічних рішень, завдання на проектування і відповідно до ДБН В.2.5-20-2001 «Газопостачання» і НПАОП 0.00-1.20-98 ПБСГУ.

Газ природний теплотворною здатністю $8350 \text{ ккал/м}^3_{\text{н}}$ (35000 кДж/м^3).

Газопроводи прийняті із сталевих труб електрозварювань по ГОСТ 10705-80(група В) «Технічних умов» і ГОСТ 10704-91 «Сортамент», сталь ВСт2сп, ВСт3сп не менш 2-ої категорії ГОСТ 380-88 або 10, 15, 20 ГОСТ 1050-88 на різьбових з'єднаннях або на зварці. Продування газопроводів проектувана виробляється з далекої ділянки газового колектора і від котлів в атмосферу через продувальну лінію, що виводиться на 1 м. вище за парапет крівлі.

Система автоматизації котла призначена для автоматичного відключення подачі палива до пальника при аварійних режимах роботи /система автоматики безпеки/, світлозвукової сигналізації про параметри роботи котла, автоматичного регулювання температури води на виході з котла і процесу горіння - підтримка оптимального співвідношення "газ- повітря" /система автоматичного регулювання.

На димарях є можливість для виміру температури і складу димових газів переносним газоаналізаторам. Димарі прийняті двостінні фірми «Версія- Люкс». Перед вузлом введення проектується швидкодіючий клапан - відсікач з електроприводом, що спрацьовує при загазованості котельної і відключенні електроенергії.

Припливне повітря для горіння газу а також 3-х кратного повітрообміну подається через існуючі жалюзійні ґрати в стіні котельного залу природним чином, витяг через існуючі дефлектори: Ду400 - 2 шт.

Монтаж газопроводів, здачу їх в експлуатацію виробляти відповідно до ДБН В.2.5-20-2001 "Газопостачання" і ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека в будівництві.

Живлення електроенергією котельної виробляється від існуючих ввідних кабелів; водопостачання - від існуючого введення водопроводу.

Устаткування розміщено усередині приміщення котельні.

Основними споживачами електричної енергії є засоби автоматики, асинхронні двигуни, панелі керування котлами, пальники та панелі їх керування, освітлення котельні.

Проект виробничо-опалювальної котельні виконаний згідно з системою стандартів безпеки праці (ССБП) і іншими нормативними документами, які вирішують питання дотримання вимог безпеки та виробничої санітарії.

При експлуатації котельні мають місце потенційно шкідливі та небезпечні виробничі фактори, які за певних умов можуть негативно впливати на здоров'я і безпеку праці персоналу котельні. В даному розділі запропоновані технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації котелень, а також основні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії і пожежної безпеки котельні.

8.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації котельні

8.1.1 Вимоги безпеки до приміщення та розташування в ньому основного і допоміжного устаткування.

Площа віконних конструкцій, розглянутих як легко скидні конструкції при можливих вибухах, встановлених за котлами з боку відходячих димових газів становить 30 м².

Проектне розташування котлів задовольняє нормам приміщень для котлів та вимогам з проектування фірми-виробника. Відстань від виступаючих частин пальникових пристроїв до стіни, фронтальної для котлів 3,5 м, що задовольняє вимогам для котлів, що працюють на газоподібному паливі. Відстань від фронту котлів до протилежної стіни котельні 4,5 м, що не перевищує мінімально допустиму відстань згідно вимог з проектування фірми-виробника 4,6 м. Вільний прохід уздовж фронту котлів більше 1,5 м і встановлене устаткування не заважає їх обслуговуванню. Відстань від задньої стінки котла до стіни приміщення більше 1 м. Проходи в котельні мають вільну висоту більше 2м.

Допоміжне устаткування розташовується таким чином, щоб забезпечити максимальну доступність і зручність обслуговування. Забезпечено необхідну ширину проходів у світлі:

- між насосами, електродвигунами і стінкою – 1м;
- між допоміжними частинами устаткування і стінкою - 0,5м.
- навколо устаткування - 0,7м.

Для відводу димових газів служить димова труба, розташована поза приміщенням котельні висотою 30м. Труба призначена для створення штучної тяги для часткового подолання аеродинамічного опору відходячими димовими газами, та розсіювання останніх на висоті, для досягнення допустимої приземної концентрації шкідливих речовин.

8.1.2 Арматура, прилади та запобіжні пристрої по забезпеченню безпечної експлуатації котельні

Для керування роботою котлів і забезпечення безпечних режимів їхньої експлуатації вони обладнані:

- приладами, що запобігають підвищення тиску (запобіжні пристрої);
- манометрами;
- приладами для виміру температур середовищ;
- показниками рівня води;
- живильними пристроями.

Кожний елемент котла, внутрішній обсяг якого обмежений запірними органами, захищений запобіжними пристроями, які автоматично запобігають підвищення тиску вище, ніж на 10% розрахункового шляхом випускання робочого середовища в трубопроводи напірної каналізації (дренаж). Для цього в котлах використовуються запобіжні клапани пружинно-мембранного типу прямого дії. На кожний котел встановлено по одному запобіжному клапану без проміжних запірних пристроїв. Запобіжні пристрої обладнані зливами в дренаж води при їхньому спрацьовуванні.

Для спостереження за тиском у теплогенераторі на нього встановлені манометри. На теплогенераторі манометри встановлені на вході води в теплогенераторі на виході нагрітої води з теплогенератора до запірного пристрою. Клас точності манометрів 2,5 (оскільки робочий тиск до 2,5 МПа), робочий діапазон середня третина шкали. На шкалу нанесена червона мітка номінального робочого тиску. Діаметр манометрів, встановлених на висоті 2м – 1000мм, а на висоті 2-5м 160мм. Манометрами контролюється тиск до і після циркуляційних насосів. Для забезпечення безпечної експлуатації устаткування адміністрацією підприємства робиться перевірка манометрів за допомогою контрольного манометра кожні 6 місяців із записом у журнал контрольних перевірок і кожні 12 місяців робиться перевірка у контрольно-вимірювальних лабораторіях.

Для контролю температури використовуються біметалічні термометри. Розмір шкал термометрів дозволяє візуально контролювати температури теплоносія. Контроль температури ведеться на трубопроводах, що подають і зворотних трубопроводах, на трубопроводах до споживача та котлових трубопроводах. Припустима різниця температур між прямим і зворотним трубопроводами вказується на термометрі червоною рисою.

На газопроводі, що подає, у котельню встановлюється клапан - відсічник, що автоматично закривається при умовах загазованості котельні, спрацьовуванні системи

пожежної сигналізації та при зникненні електроживлення котельні. Відкриття клапана відбувається одночасно з подачею електричної енергії на блок живлення клапана (за умови відсутності загазованості котельні). Блок керування та сигналізації встановлені в приміщенні котельні

Проектом передбачається встановлення необхідної запірної та регулюючої апаратури, зворотніх клапанів та повітрявідвідників у місцях, передбачених відповідними нормами.

8.1.3 Рекомендації по безпечній експлуатації газопроводів і трубопроводів котельні

Для безпечної експлуатації газообладнання передбачені продувні газопроводи та газопроводи безпеки з виводом вище даху будинку на 1 м. Продувка здійснюється за рахунок власного тиску газу. Продувні свічі загнуті на 180° щоб уникнути влучення атмосферних опадів. Для запобігання опіків обслуговуючого персоналу та зменшення теплових втрат трубопроводи, по яких рухається середовище з температурою вище 50°C разом із фланцевими з'єднаннями та арматурою вкриті тепловою ізоляцією. Трубопроводи пофарбовані по всій довжині у відповідні кольори. У приміщенні котельні вивішена схема трубопроводів в умовних кольорах і нумерацією вентилів і засувки. На магістральних лініях трубопроводів зроблені наступні написи: номер магістралі римською цифрою та стрілка, що вказує напрямок руху.

Для газоходів і колекторів прийнята теплова ізоляція із прошитих мінераловатних матів в обкладках з металевої сітки товщиною 60-90мм ГОСТ 21880-94. Для трубопроводів прийняті циліндри теплоізоляційні з мінеральної вати на синтетичному сполучнику М-100 ГОСТ 23208-83. Зовні теплоізоляція покривається сталевим листом із оцинкованої сталі товщиною 0,3-0,5 мм за ГОСТ 216131-76.

Для антикорозійного захисту поверхня трубопроводів покривається наступними захисними засобами:

- газоходи: зовнішня поверхня жаростійка емаль ПФ-837 ТУ 10-1309- 81 у два шари;
- трубопроводи ізольовані: зовнішня поверхня - фарба БТ-177 ОСТ 10-426-79 у два шари по ґрунтовці ГФ-121 за ГОСТ 25129-82;
- трубопроводи неізольовані: зовнішня поверхня олійною фарбою ГОСТ 8292-85 у два шари.

Прокладка трубопроводів здійснюється з врахуванням їх температурних розширень і напруг які з ними пов'язані. Трубопроводи кріпляться на рухомі та нерухомі опори. Теплові

подовження компенсуються установкою компенсаторів, в якості яких також виступають повороти трубопроводів.

8.1.4 Заходи електробезпеки по безпечній експлуатації електроустаткування котельні

Тип електричної мережі, від якої живиться устаткування котельні (електродвигуни насосів, пальників; світильники робочого, аварійного, штучного та зовнішнього освітлення, повітряний опалювальний агрегат) - трифазна, чотирихпровідна електрична мережа напругою 380х220 V с глухозаземленою нейтраллю. По категорії умов небезпечності електротравматизма приміщення котельні відноситься до 3 категорії (згідно ОНТП 24-86 та ПУЕ) («Особливо небезпечне приміщення»), тому що є 2 фактора підвищеної небезпеки. До таких факторів відносяться:

- можливістю контакту обслуговуючого персоналу з корпусом споживача електричної енергії та з металоконструкціями, що мають контакт із землею;
- наявність струмопровідної підлоги.

Основними споживачами електричної енергії є асинхронні двигуни, повітряні опалювальні агрегати, панелі керування котлами, пальники, освітлення котельні. По ступені надійності електропостачання (згідно ПУЕ) електроприймачі котельні відносяться до II категорії. Блоки загазованості та контролю наявності угарного газу відносяться до I категорії.

Силове електроустаткування (пристрої живлення, розподілу, тощо) розміщується в приміщенні котельні. Апаратами захисту в системі живлення є автоматичні вимикачі з максимально-струмовими або комбінованими роз'єднувачами. Пускова апаратура - магнітні пускачі. Силове устаткування, а так само пускова апаратура розміщені в щиті електроживлення. Апаратура сигналізації розташована в щиті реєстрації.

8.1.5 Технічні рішення по запобіганню електротравм від дотику до нормально струмоведучих частин

- 1) Ізоляція нормально струмоведучих елементів електроустаткування відповідно до вимог нормативів (відповідно до вимог опір ізоляції нового обладнання не менше 1 кОм на 1 V напруги).
- 2) Мережа, як силова, так і контрольна, прокладається по стінах, стелі та за допомогою опускних трубних чохлів. Силові магістралі та розподільчі мережі виконуються кабелями

з мідними жилами та проводами в трубах і металевих рукавах. Зовнішні електропроводки виконані ізолюваним проводом і розміщені на висоті 2,5 м над робочими місцями.

- 3) Передбачено використання захисних блоків електроустаткування, що забезпечує вимикання напруги час ремонту, техогляду, при потраплянні персоналу в небезпечну зону.
- 4) На електроустаткуванні присутні попереджувачі засоби помилкових дії при обслуговуванні та експлуатації - написи, таблички, що попереджають знаки, сигналізація.
- 5) Стационарні мережі розеток 12 V для переносного освітлення, у системах місцевого освітлення та для ручного електроінструмента напруга 42 V;

8.1.6 Технічні рішення по запобіганню електротравм при переході напруги на нормально неструмоведучі частини

У зв'язку з тим що вся мережа трифазна, чотирихпровідна із глухозаземленою нетіраллю, то для усунення небезпеки поразки людини струмом, у випадку його дотику до неструмоведучих металевих частин електроустановок, що оказались під напругою, згідно проектом передбачено використання занулення металевих корпусів електроустаткування, каркасів, щитів і шаф.

Метою занулення є усунення небезпеки поразкою електричним струмом персоналу при пробі на корпус устаткування однієї із фаз мережі.

Занулення устаткування організоване з'єднанням всіх металевих неструмоведучих частин устаткування з нулем мереж, тобто з нульовими провідниками по всьому колу. Спрацьовує захист від короткого замикання (автоматичний вимикач) - і ушкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно ПУЕ провідники занулення обрані таким чином, щоб забезпечити кратність струму, рівну трьом. Забезпечується цілісність нульового провідника та достатня його провідність - за рахунок вибору достатнього перерізу нульового провідника. Всі з'єднання нульового проводу виконані звареними. Нульовий провід приєднаний до корпусів електроприймачів зварюванням.

8.1.7 Засоби індивідуального захисту при обслуговуванні електроустаткування котельні, що проектується

При роботі з електроустаткуванням обслуговуючий персонал забезпечується

діелектричними рукавичками, гумовими ботами, токовимірвальними кліщами, інструментами з ізольованими ручками; також використовують гумові килими та діелектричні підставки.

8.2 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці і виробничої санітарії

8.2.1 Вибір, обґрунтування та забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату у приміщеннях котельні, що проектується

Основними факторами, які визначають мікроклімат на виробництві є:

- 1) температура повітря $t, ^\circ\text{C}$;
- 2) вологість повітря $W, \%$;
- 3) швидкість руху повітря $V, \text{м/с}$;
- 4) інтенсивність теплових випромінювань, Вт/м^2 .

Відхилення основних параметрів мікроклімату котельні можуть призвести до негативних наслідків, зокрема до погіршення самопочуття та захворювань які зменшують або унеможливають працездатність персоналу котельні. Тому основні параметри мікроклімату нормуються [6].

Нормовані параметри наведені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 - Допустимі та оптимальні параметри температури повітря, відносній вологості та рухливості повітря

Період року	Оптимальний (для щитового приміщення)			Допустимий (для приміщення котельні)		
	$t, ^\circ\text{C}$	$W, \%$	$V, \text{м/с}$	$t, ^\circ\text{C}$	$W, \%$	$V, \text{м/с}$
Теплий	22-24	40-60	0,2	21-28	60	0,1-0,3
Холодний	21-23	40-60	0,1	20-24	75	0,1-0,2

Для забезпечення необхідних нормативних параметрів мікроклімату проектом передбачено:

- теплова ізоляція теплотехнічного устаткування та трубопроводів в приміщенні котельні, що мають температуру поверхні $\geq 45 ^\circ\text{C}$;

- використання природної та загальнообмінної механічної припливно-витяжної вентиляції: у холодний період року приплив повітря, що надходить на горіння - природний, витяжка - з дефлекторним спонуканням; у теплий період року для асиміляції теплопритоків приплив повітря природний через фрамуги, що відкриваються, вікна, а витяжка механічна осьовими вентиляторами та природна через дефлектори.
- для підтримки необхідної температури в приміщеннях запроектована двотрубна тупикова система опалення. Як опалювальні прилади прийняті: у котельному залі повітряно-опалювальні агрегати, в прибудованих приміщеннях - радіатори. Теплоносієм для потреб опалення та вентиляції служить вода з параметрами 95-70 °С, одержувана від трубопроводів котельні. Магістральні трубопроводи опалення та теплопостачання повітрянагрівачів необхідно ізолювати трубою ізоляцією із пінополіуретану.

8.2.2 Контроль складу повітря робочої зони приміщення котельні

Повітря робочої зони нормується по [6], де регламентується гранично припустима концентрація різних шкідливих речовин у повітрі котельні.

Процеси, що відбуваються в котельні, характеризуються наявністю шкідливих речовин, а саме можливі витoki природного газу.

Кількість газу в приміщенні не повинна перевищувати 1% об'єму всього приміщення (при 16% утворюється вибухонебезпечна суміш).

У приміщенні котельні передбачена установка газоаналізатора з датчиками контролю загазованості, які налаштовані на гранично допустиму концентрацію природного газу. Газоаналізатор має світлову та звукову сигналізацію а також вихід на аварійне відключення подачі природного газу.

Для запобігання витоків газоподібних речовин фланцеві з'єднання газопроводів, по яких рухаються ці речовини ущільнюються паронітом.

Передбачений контроль за змістом шкідливих речовин у повітрі робочої зони, що здійснюється не рідше одного разу на місяць;

8.3 Забезпечення пожежної безпеки котельні, що проектується

8.3.1 Оцінка рівня пожежної небезпеки котельні, що проектується

У котельних небезпека виникнення пожеж пов'язана з наявністю: великих кількостей палива (природного газу), різних масел у системах змащення технологічного устаткування та

в електротехнічних установках; споживачів електроенергії власних потреб різної потужності та напруги; високих температур теплоносія, відхідних газів, поверхонь технологічного устаткування і трубопроводів.

Таким чином, джерела пожежі в котельні:

- 1) іскри, що утворюються при коротких замиканнях;
- 2) нагрівання електроустаткування при його перевантаженні;
- 3) вибух газу в топці котла.

Причиною пожежі в котельному відділенні може служити:

- утворення вибухонебезпечної суміші при змішанні природного газу та повітря;
- загоряння внаслідок нагрівання електроустаткування або електрокабелів

Категорія пожежної та вибухопожежної небезпеки приміщень котельні при використанні природного газу - "Г".

Відповідно до регламентації по ПУЕ, залежно від умов, у яких може утворитися вибухонебезпечна суміш, робочі зони котельні відносяться до класу В-1а, як приміщення, у якому вибухонебезпечна суміш не утворюється при нормальних умовах експлуатації устаткування, але може утворитися при аваріях і несправностях.

Показники пожежонебезпеки для газоподібного палива - природного газу згідно [11]:

- температура самозапалювання $I_{\text{св}} = 550-750 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- нижня концентраційна межа запалення $K_{\text{н}} = 3\%$;
- верхня концентраційна межа запалення $K_{\text{в}} = 15\%$.

Суміш природного газу з повітрям відноситься до категорії ПА і групи ТІ.

8.3.2 Технічні рішення системи запобігання пожежі в котельні, що проектується

Технічні рішення системи запобігання пожежі спрямовані на запобігання утворення горючого середовища та недопущення виникнення в горючому середовищі джерел запалювання:

- 1) У приміщенні котельні передбачена установка газоаналізатора з датчиками контролю

загазованості по приміщеннях. Газоаналізатор має світлову та звукову сигналізацію, а також вихід на аварійне відключення подачі природного газу.

2) Для продувки газопроводів передбачені продувні свічі і штуцери із запірними органами та заглушками для підведення продувного агента гнучким шлангом. Обмін забезпечується п'ятикратний не більше ніж за 20 хвилин. Трубопроводи для продувки газопроводів виводяться назовні в місце, що забезпечує умови розсіювання газу на 1 м вище верхньої точки будівлі. Проектом передбачені продувні свічі.

3) Застосування для горючих речовин герметичного устаткування; для цього газопроводи виконуються тільки з безшовних або електрозварних труб.

4) Арматура застосовується сталева класу герметичності за ГОСТ 9544-75.

5) На газопроводах установлюються: засувка з електроприводом, штуцер для продувки, швидкодіючий запірний орган з дистанційним електричним і ручним керуванням.

6) Всі газопроводи заземлені.

7) Електродвигуни приводів насосів і вентиляції виконанні у вибухозахищеному виконанні.

8) У якості блискавкоприймача згідно [12] служать металеві конструкції споруджень, металоконструкції на димовій трубі на відм. 30 м. Захист від прямих ударів блискавки у димову трубу здійснюється шляхом приєднання її до штучного заземлення

8.4 Висновок з розділу

Розглянуті заходи з охорони праці достатні для безпечної експлуатації систем, що розглядалися в даній дипломній роботі:

.

ВИСНОВОК

В даній роботі проєкті були розглянуті порівняльні характеристики систем теплопостачання будівель.

В першому розділі було проведено літературний огляд з наданням короткої характеристики вітчизняних та закордонних систем централізованого опалення. Було сформульовано постановку задачі і програму досліджень.

У другому розділі були розглянуті основні системи теплопостачання та надано їх порівняння.

У третьому розділі були розглянуті основні температурні графіки, що використовуються на території України та наведені розрахунки для визначення оптимального графіку теплопостачання для м.Києва за ексергетичним методом.

У четвертому розділі були розглянуті опалювальні котельні. Було наведено детальний аналіз ексергетичних втрат в котельні та обґрунтування необхідності використання конденсаційних котлів.

У п'ятому розділі були розглянуті теплонасосні установки. Було запропоновано використовувати “метод циклів” для аналізу доцільності використання теплонасосної установку в тому чи іншому випадку.

У шостому розділі було проведене математичне моделювання процесу теплообміну в чавунних радіаторах MC-140 M2-500 в середовищі SolidWorks з метою обґрунтування впливу не відповідності температурних графіків на роботу опалювальних приладів.

У сьомому розділі був розроблений сатрап-проєкт «термомодернізації системи опалення будинку з застосуванням теплонасосної установки», що мав за мету показати економічну вигоду використання теплонасосної установки в комбінації з традиційними джерелами теплопостачання.

У восьмому розділі була розглянута охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Узагальнюючи можна сказати, що необхідно дотримуватись наступних заходів для створення економічних систем теплопостачання:

- Необхідно наближати температурний графік джерела тепла якомога ближче до температурного графіку споживачів;
- Доцільно використовувати нетрадиційні джерела теплопостачання паралельно з традиційними системами;
- Необхідно забезпечити відповідність проєктованих та фактичних параметрів системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Халатов А.А. Энергетика україни: сучасний стан і найближчі перспективи / А.А. Халатов // Вісник Національної академії наук України – 2016. - №6. С.53-61.
2. Euroheat & Power. "District heat and cooling. Country by country / 2011 Survey" [Центральное отопление и охлаждение. Примеры стран]. 2010
3. Aronsson B., Hellmer S. "An international comparison of district heating markets"[Международное сравнение рынков центрального отопления]. Sweden, 2009
4. Abaravicius J. "Bio-fuel based district heating in Lithuania. Towards sustainability" [Центральное отопление в Литве, основанное на биотопливе. Двигаясь в направлении устойчивости]. Lund, Sweden, November, 2001
5. World Energy Council. "Regulating District Heating and Cogeneration in Central and Eastern Europe" [Регулирование центрального отопления и когенерации в Центральной и Восточной Европе]. United Kingdom, July 2004
6. Лукошевичюс В. Регуляторные аспекты центрального отопления: учеб. пособ. / В. Лукошевичюс, Л. Верринг., ERRА, 2011
7. Котлер В.Р. Мини-ТЭЦ: зарубежный опыт / В.Р. Котлер // Теплоэнергетика - 2006. - № 8. С. 69-71.
8. Боровков В.М. Перевод отопительных и промышленных котельных в режим мини-ТЭЦ, как способ повышения их надежности. / В.М. Боровков, О.А. Бородин // Надежность и безопасность энергетики. - 2009. - № 5. С. 47-56.
9. Шарапов В.И. Теплоэнергетика и теплоснабжение. / В.И. Шарапов - Ульяновск, 2002.
10. Денисов-Винский Н.Д. Мини-ТЭЦ как надёжное средство решения проблемы энергообеспечения. / Н.Д. Денисов-Винский // Энегобезопасность и энергоснабжение. - 2007. - №2. - С 10-18.
11. Закржевский В.И. Опыт Финляндии в сфере теплоснабжения. / В.И. Закржевский // Новости теплоснабжения – 2005. - № 3 - С 20-34.
12. Морозюк Т.В. Теория холодильных машин и тепловых насосов / Т.В. Морозюк – Одесса: Студия “Негоциант”, 2006. -712с.
13. Szargut J. Component efficiencies of a vapour-compression heat pump // Exergy. – 2002. - №2. – p.99-104.
14. Szargut J. Partical efficiencies of the vapourcompression refrigerator //

Chlodnictwo. - 1997. - №6. - p.10-12. (in Polish)

15. Бэр Г.Д. Техническая термодинамика. – Москва: Мир, 1977. – 518с.
16. Szargut Jan. Technical thermodynamics // Wydawnictwo Naukowe. - Warszawa, 1991. - 543p. (in Polish)
17. Янтовский Е.И., Пустовалов Ю.В. Парокомпрессорные теплонасосные установки. – М.: Энергоиздат, 1982. – 144 с.

Додаток А

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан теплоенергетичного
факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського

_____ Є.М.Письменний
« ____ » _____ 20__ р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ТОВ "Гранд-Арма"

_____ Блохін С.О.
« ____ » _____ 20__ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на науково-дослідну роботу

«Порівняльні характеристики систем теплопостачання будівель»

1. Термін виконання роботи

Початок – 1.09. 2016 р.

Закінчення – 14.05. 2018 р.

2. Обґрунтування для виконання роботи

Для нормальної роботи системи опалення важливим є дотримання температурних графіків за яких вона була запроектована. На жаль, це не завжди має місце.

3. Мета роботи

В даному дослідженні необхідно перевірити вплив невідповідності температурного графіку на роботу внутрішньобудинкових опалювальних приладів.

4. Зміст основних етапів виконання роботи

1. Літературний огляд

2. Зняття показників існуючої внутрішньої будинкової системи опалення.

3. Проведення аналітичних розрахунків

4. Моделювання в Solid Works

5. Аналіз отриманих результатів

5. Матеріали, що подаються після закінчення роботи

5.1. Магістерська дисертація.

5.2. Презентація.

5.3. Довідка про впровадження результатів.

6. Порядок розгляду і приймання роботи

Результати роботи розглядаються на засіданні ЕК із захисту атестаційних робіт освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 144 «Теплоенергетика», спеціалізацією «Промислова та муніципальна теплоенергетика і енергозбереження»

Керівник роботи

_____ асист., А.С. Соломаха
(підпис) (посада, ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 20__ р.

Виконавець

Студент гр. ТП-61м,
ТЕФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

_____ Очеретянюк М.Д.
(підпис) (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 20__ р.

Додаток Б

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ТОВ «Гранд-Арма»

_____ Блохін С.О.
«_____» _____ 20__ р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

Результатів магістерської дисертації на здобуття ступеня магістра студента Очеретянко М.Д.

Результати магістерської дисертації студента кафедри ТПТ, ТЕФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Очеретянко Микити Дмитровича, упроваджені в ТОВ «Гранд-Арма» в частині оцінки впливу невідповідності температурного графіку на роботу внутрішньобудинкових опалювальних приладів. Маючи можливість впроваджувати вище згадані розробки при проектуванні індивідуальних теплових пунктів.

Додаток В

-1-

Ф.№ 3.3

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ Очеретянко Микити Дмитровича.

№ п/п	Найменування праць	Руко-писні або друко-вані	Назва видавництва, журналу (номер, рік) або номер авторського свідоцтва, номер диплома на винахід	Кіль-кість друко-ваних аркушів або сторінокразом	Прізвища співавторів праць
1	2	3	4	5	6
1.	Нагрівання плівки рідини, що стікає по внутрішній поверхні вертикальної труби при конденсації на ній чистої пари.	Друк.	XIII міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрантів, студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики». Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів, м. Київ, 21-24 квітня 2015 р. – ВАТ „Володимирецька друкарня”.-2014.-С.136.	1 стор	Голіяд М.Н.
2.	Що означає термін «енергія»?	Друк.	XIII міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрантів, студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики». Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів, м. Київ, 21-24 квітня 2015 р. – ВАТ „Володимирецька друкарня”.-2014.-С.137.	1 стор.	Куделя П.П.
3.	Модернізація існуючої котельні з використанням контактного теплогенератора КАОМ.	Друк.	XIV міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрантів, студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики». Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів, м. Київ, 18-21 квітня 2016 р. – ВАТ „Володимирецька друкарня”.-2016.-С.176	1 стор.	Варламов Г.Б. Касянчук С.Л.

-2-

1	2	3	4	5	6
4.	Методика наближеного розрахунку температури вологого термометра.	Др ук.	XIV міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрантів, студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики». Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів, м. Київ, 18-21 квітня 2016 р. – ВАТ „Володимирецька друкарня”.-2016.-С.177	1 стор	Мінаковський В.М.
5.	Переведення системи опалення на альтернативне паливо.	Др ук.	XIV міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрантів, студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики». Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів, м. Київ, 18-21 квітня 2016 р. – ВАТ „Володимирецька друкарня”.-2016.-С.179	1 стор.	Варламов Г.Б. Касянчук С.Л..
6.	Принцип екологічної рівноваги як запорука зростання екологічної безпеки	Др ук.	ІІІ фахова Міжнародна науково-практична конференція «Сталий розвиток ХХІ століття: управління, технології, моделі» (наукові читання ім. І.Недіна). Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції ім. І.Недіна, м. Київ, 19-20 травня 2016 р. – Чабаненко Ю., - 2016. – С.153-158		Варламов Г.Б
7.	Features integrated energy assessment of the actual environmental performance of energy facilities	Др ук.	Electromechanical and energy saving systems, 2015. – №4/2015 (32). – pp. 75 - 81.	7 стор.	Варламов Г.Б Приймак К. О Олинович Н.В

-3-

1	2	3	4	5	6
8.	Заявка на корисну модель “контактний водонагрівач”	Др ук,	U 2016 05608	10 стор.	Варламов Г.Б Марченко Г.С Макаренко В.А Осипенко Є.О.
9.	Оцінка ефективності опалювальних теплових насосів з використанням методу циклів	Др ук.	Відновлювана енергетика, 2016. №4/2016 (48).-с. 75-84.	10 стор.	Куделя П.П. Соломаха А.С
10.	Вплив температурного графіка на роботу системи теплопостачання	Др ук.	XVI міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрантів, студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики». Тези доповідей міжнародної науково- практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів, м. Київ, 24- 27 квітня 2018 р. – ВАТ „Володимирецька друкарня”.-2018.-С.194	1 стор.	Соломаха А.С

За матеріалами публікацій та виступів на конференціях отримана студентом кафедри теоретичної та промислової теплотехніки Очеретянко Микитою Дмитровичем Диплом III-го ступеня За активну участь у XIV міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрантів, студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», присвяченої 85-річчю теплоенергетичного факультету, та з нагоди дня науки.

Список наукових праць Очеретянко М.Д.: усього 10 найменувань, 1 грамота, список наведений на 3 сторінках.

Автор

М.Д. Очеретянко

ПЕРЕВІРКА МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ НА ПЛАГІАТ



2018.05.03 ПЗ Очел...

Завантажено: 05/11/2018

Перевірено: 05/11/2018

Інтернет + Бібліотека

81.06% Оригінальність	18.94% Схожість	159 Джерела
-----------------------	-----------------	-------------

Джерела з Інтернет : 155 джерел знайдено

1. http://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/74-85.pdf	8.58%
2. http://um.co.ua/2/2-11/2-118083.html	3.33%
3. http://aesitf.kpi.ua/wp-content/uploads/2018/04/2018vol1.pdf	1.56%
4. http://tef.kpi.ua/files/pdf/1tezi_tom1_1524728051.pdf	1.56%
5. http://om.net.ua/3/3_20/3_200778_vibor-sistem-teplosnabzheniya.html	1.46%
6. http://esco.co.ua/journal/cities/2014_2/art90.pdf	0.89%
7. http://journal.esco.co.ua/cities/2014_2/art90.pdf	0.89%
8. http://bukvar.su/stroitelstvo/69010-Gorodskie-inzhenernye-seti.html	0.77%
9. http://ni.biz.ua/16-2/2757.html	0.77%
10. http://uk.x-pdf.ru/5mekanika/1217698-13-energobezopasnost-vidnovlyvalni-dzherela-teplopostach...	0.72%
11. http://ua.x-pdf.ru/7tehnikicheskoe/680404-12-energobezopasnost-vidnovlyvalni-dzherela-teplopostac...	0.72%
12. http://ratushnyak.vk.vntu.edu.ua/file/Brots/F410c4ae983b7bccaf34971045a58dc8.pdf	0.72%
13. http://posibnyky.vntu.edu.ua/e_z/53.html	0.72%
14. http://posibnyky.vntu.edu.ua/pdf/000811.pdf	0.72%
15. http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/6916/%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20..	0.72%
16. http://leg.co.ua/knigi/pravila/tehnicna-ekspluatatsiya-elektrichnih-stanciy-i-merez-h-5.html	0.61%
17. http://ukrbukva.net/page,14,46063-Gorodskie-inzhenernye-seti.html	0.52%
18. https://www.ff.umb.sk/cms/saveDataFilePublic.php?uid=jjavorcikova&path=RVQ189WJLoc27JpNQ.	0.5%
19. https://vdocuments.site/documents/06586330000000000000.html	0.5%
20. http://promessisposi.weebly.com/capitulo-xxii.html	0.5%
21. http://promessisposi.weebly.com/capitulo-xxi.html	0.5%
22. http://journal.esco.co.ua/2011_6/art145.pdf	0.5%
23. http://esco.co.ua/journal/2011_6/art145.pdf	0.5%
24. https://www.ff.umb.sk/cms/saveDataFilePublic.php?uid=jjavorcikova&path=nEOOZ1UGw663PY2m.	0.5%
25. http://docplayer.es/22087622-Primos-o-compuestos-de-que-se-trata.html	0.46%
26. https://www.humbleisd.net/cms/lib/TX01001414/Centricity/Domain/6657/u10_tragdy_romeo_se.pdf	0.45%
27. https://languagearts-nhs.uk/wikispaces.com/file/view/Romeo+%26+Juliet.pdf	0.45%
28. http://lhslga.weebly.com/uploads/7/9/0/8/7908073/_u10_tragdy_romeo_se.pdf	0.45%
29. http://www.wright-house.com/religions/islam/Quran/2-cow.php	0.45%
30. https://patents.google.com/patent/E5253275T3/es	0.43%
31. http://d.lib.rochester.edu/teams/text/hahn-sir-gawain-knightly-tale-of-gologras-and-gawain	0.43%
32. https://curriculum.s3-us-west-2.amazonaws.com/resourcedocs/569fd7c07b0b3.docx	0.43%
33. http://www.dincat.cat/escala-abs-rc2-escala-de-conducta-adaptativa-residencias-y-comunidad-_95..	0.43%
34. https://elt343ciu.wikispaces.com/file/view/ELT343+3016+2017+for+Print.pdf/593963904/ELT343+...	0.43%
35. http://esminfo.prenhall.com/samplechps/larson/pdfs/ch02.pdf	0.43%
36. http://d.lib.rochester.edu/teams/text/laskaya-and-salisbury-middle-english-breton-lays-sir-orfeo	0.43%
37. http://d.lib.rochester.edu/teams/text/sebastian-croxton-play-of-the-sacrament	0.43%
38. http://ruckdeschel.pbworks.com/w/file/fetch/104397094/Chapter%202.pdf	0.43%
39. http://www.readbag.com/daheiser-vtt-text-vacuum-tube-characteristics-and-equations	0.43%
40. https://vdocuments.mx/documents/btsz-nummer-12009.html	0.4%
41. http://d.lib.rochester.edu/teams/text/parkinson-henryson-complete-works-fables	0.4%
42. http://d.lib.rochester.edu/teams/text/bowers-canterbury-tales-fifteenth-century-interlude-and-march..	0.4%
43. https://upcommons.upc.edu/bitstream/2099/2733/1/5CROMGASES.pdf	0.4%
44. http://friesian.com/money.htm	0.4%



Скористайтесь

Схожість з обраним джерелом

Заміна літер абетки

Цитата

Посилання